

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Инженерно-строительный институт
институт
Проектирование зданий и экспертиза недвижимости
кафедра

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
Р.А. Назиров
подпись инициалы, фамилия

« » 20 Г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

«Повышение теплотехнических показателей алюминиевой подсистемы НВФ для районов Сибири»
08.04.01. Строительство
код и наименование направления
08.04.01.04 «Проектирование зданий. Энерго- и ресурсосбережение»
код и наименование программы

Научный руководитель	<u> </u>	<u>доцент, к.т.н.</u>	<u>Д.А. Михеев</u>
	<u>подпись, дата</u>	<u>должность, ученая степень</u>	<u>инициалы, фамилия</u>
Выпускник	<u> </u>		<u>В.А. Корчуганов</u>
	<u>подпись, дата</u>		<u>инициалы, фамилия</u>
Рецензент	<u> </u>	<u> </u>	
	<u>подпись, дата</u>	<u>должность, ученая степень</u>	<u>инициалы, фамилия</u>

г. Красноярск, 2020

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Повышение теплотехнических показателей алюминиевой подсистемы НВФ для районов Сибири».

Содержит 39 страниц текстового документа, 13 использованных источников.

Объект исследования – системы навесного вентилируемого фасада, кронштейны используемые в системах НВФ и их влияние на тепловые потери зданий и сооружений.

Актуальность проекта обусловлена снижением тепловых потерь при применении алюминиевых систем НВФ, экономии тепловой энергии и исследованию перспективности данного направления.

Цели выпускной квалификационной работы:

– исследование перспективности использования энергоэффективного алюминиевого кронштейна, проверить целесообразность применения в системах навесного вентилируемого фасада.

Задачи выпускной квалификационной работы:

- Определить область применения энергоэффективного кронштейна
- Сравнение теплопотерь через ограждающую конструкцию с применением существующего кронштейна и с применением энергоэффективного кронштейна.
- Сравнение несущей способности обычного кронштейна и энергоэффективного
- Расчет экономической целесообразности применения энергоэффективного кронштейна.

Ключевые слова: СТРОИТЕЛЬСТВО, СТЕНОВОЕ ОГРАЖДЕНИЕ, СИСТЕМА НАВЕСНОГО ВЕНТИЛИРУЕМОГО ФАСАДА, КРОНШТЕЙН, ТЕПЛОВЫЕ ПОТЕРИ, ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ, НАГРУЗКИ, НЕСУЩАЯ СПОСОБНОСТЬ, ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
ГЛАВА 1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА, ОБОСНОВАНИЕ ЦЕЛИ И ЗАДАЧ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	6
1 Конструкция стальных и алюминиевых фасадных систем.	6
1.1 Конструкция фасадного алюминиевого кронштейна.....	6
1.2 Конструкция фасадной стальной системы.	7
2 Проектирование энергоэффективного кронштейна. Выбор материалов и область применения	8
2.1 Конструкция энергоэффективного кронштейна	8
2.2 Выбор материала для энергоэффективного кронштейна.....	9
2.3 Область применения энергоэффективного кронштейна.....	11
3. Вывод	13
ГЛАВА 2 РАСЧЕТ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ, СРАВНЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО И ФАСАДНОГО КРОНШТЕЙНА.....	14
1. Расчет теплотехнических показателей для стенового ограждения для г. Красноярск.....	14
1.1 Климатические показатели.....	14
1.2 Описание ограждающих конструкция.....	14
1.3 Стеновое ограждение с использованием фасадного алюминиевого несущего кронштейна.....	14
1.4 Стеновое ограждение с использование энергоэффективного алюминиевого несущего кронштейна.....	18
1.5 Стеновое ограждение с использование фасадного алюминиевого опорного кронштейна	21
1.6 Стеновое ограждение с использование энергоэффективного алюминиевого несущего кронштейна.....	24
1.7 Сравнение результатов и выводы по теплотехническим показателям.....	28
2. Вывод.....	29
ГЛАВА 3 НЕСУЩАЯ СПОСОБНОСТЬ КРОНШТЕЙНОВ.	30
1. Сравнение несущей способности фасадного кронштейна и энергоэффективного	30
1.1 Расчетные данные	30
1.2 Расчет статический несущего фасадного кронштейна и несущего энергоэффективного кронштейна.....	31
1.3 Расчет статический опорного фасадного кронштейна и опорного энергоэффективного кронштейна.....	34
2. Вывод.....	35

ГЛАВА 4 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ.....	36
1. Расчет экономической целесообразности применения энергоэффективных кронштейнов.	36
1.1 Расчет экономии на тепловой энергии при применении энергоэффективного несущего кронштейна.	36
1.2 Расчет экономии на тепловой энергии при применении энергоэффективного опорного кронштейна.	37
1.3 Расчет цены и окупаемости кронштейнов.....	38
2. Вывод.....	38
Заключение	39
Список используемых источников.....	40
ПРИЛОЖЕНИЕ 1.....	41
ПРИЛОЖЕНИЕ 2.....	42

ВВЕДЕНИЕ

Система навесных вентилируемых фасадов — это набор элементов одного производителя для крепления облицовочного материала к наружной поверхности стены здания, в совокупности узлов и способов соединения между собой представляющий технологию навесного фасада, предполагающую наличие вентилируемого зазора между облицовкой и утеплителем стены. Кронштейн — это основной элемент подсистемы, связывающий направляющую, на которую крепится облицовка, с поверхностью стены. Кронштейны бывают разных видов Г-образные и П-образные. В свою очередь они разделяются на два подвида: — несущий и опорный. Несущий кронштейн воспринимает собственный вес, вес направляющей, вес облицовки и ветровую нагрузку. Опорный кронштейн воспринимает только ветровую нагрузку. Кронштейн крепится к поверхности стены с помощью анкера, прорезая основной слой теплоизоляции стенового ограждения, тем самым образуя мостик холода. Под кронштейн устраивается термоизолирующая подкладка из полиамида, пластика или паронита, но даже при устройстве подкладки, через тело кронштейна происходят теплопотери. Для повышения теплотехнических показателей алюминиевый систем навесного вентилируемого фасада нужно уменьшить теплопотери через тело несущего и опорного кронштейна. Новый вид кронштейна далее будет называться энергоэффективным.

Энергоэффективный кронштейн может представлять одновременно большой интерес как для производящих компаний: позволит более эффективно продавать данный вид продукта, поскольку потребитель заинтересован в энергоэффективности своих зданий, так и для потребителей, возможная экономия на отопление или же улучшение энергетического класса без увеличения утепления.

- **Цель диссертационного исследования** — исследование перспективности использования энергоэффективного алюминиевого кронштейна, проверить целесообразность применения в системах навесного вентилируемого фасада.

В соответствии с намеченной целью, были представлены следующие **задачи исследования:**

- Определить область применения энергоэффективного кронштейна
- Сравнение теплопотерь через ограждающую конструкцию с применением существующего кронштейна и с применением энергоэффективного кронштейна.
- Сравнение несущей способности обычного кронштейна и энергоэффективного
- Расчет экономической целесообразности применения энергоэффективного кронштейна.

ГЛАВА 1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА, ОБОСНОВАНИЕ ЦЕЛИ И ЗАДАЧ ИССЛЕДОВАНИЯ

1. Конструкция стальных и алюминиевых фасадных систем

1.1. Конструкция фасадной алюминиевой системы

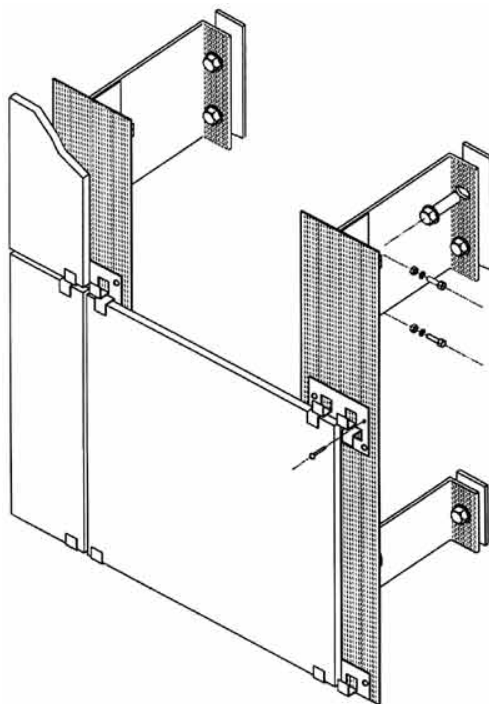


Рис. 1.1 – Алюминиевая система НВФ

Алюминиевая система навесного вентилируемого фасада (см. рис. 1.1) представляет собой конструкцию, позволяющую монтировать любые виды облицовок на стеновое ограждение зданий. Основные части системы, они же и воспринимающие нагрузки, это алюминиевый кронштейн и направляющая. Кронштейн алюминиевый фасадный — это элемент крепления подконструкции в системе вентилируемых фасадов, бывает различных форм: Г или П-образного сечения. Используется для крепления профиля к несущему основанию — стене. Сечение профиля подбирается исходя из используемых кронштейнов, для Г-образных кронштейнов подбирается Г и Т-образные профили. Для П-образных кронштейнов подбираются профили коробчатого сечения.

1.2. Конструкция фасадной стальной системы.



Рис. 1.2 – Стальная система НВФ

Стальная система навесного вентилируемого фасада представлена на рис. 1.2. Данная система позволяет монтировать любые виды облицовок на стеновое ограждение зданий. Основные части системы, они же и воспринимающие нагрузки, это аналогично алюминиевой системе: профиль и фасадный кронштейн. Кронштейн стальной фасадный — это элемент крепления подконструкции в системе вентилируемых фасадов, бывает различных форм: Г или П-образного сечения. Профиля в стальных системах используются аналогичного сечения, что и в алюминиевых. Отличие стальных систем — это более низкая стоимость, но для стальных систем актуальны вопросы коррозионной стойкости. Все стальные элементы поэтому оцинкованы и окрашены.

2. Проектирование энергоэффективного кронштейна. Выбор материалов и область применения

2.1. Проектирование энергоэффективного кронштейна

При изучении алюминиевых и стальных систем навесного вентилируемого фасада видно, что потери тепла происходят через тело кронштейнов. Для уменьшения тепловых потерь, мной была выдвинута идея, что при разрыве тела кронштейна в слое утеплителя на две части и изолировании их друг от друга, тепло потери должны снизиться, что приведет к экономии тепловой энергии. Разработанное изделие, на основе кронштейнов СИАЛ, представляет собой видоизмененный Г-образный кронштейн, разделенный на 2 части: основную и вспомогательную. Данные части изолированы друг от друга полиамидной прокладкой, для предотвращения теплопотерь через тело кронштейна (см. рис. 2.1).

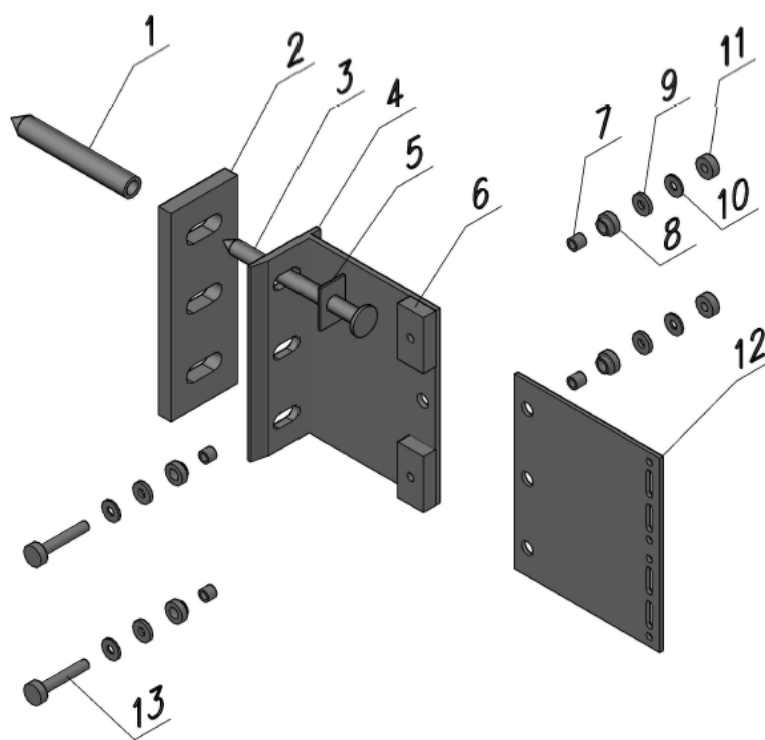


Рисунок – 2.1. Устройство энергоэффективного кронштейна:

- | | |
|---|-----------------------------|
| 1 – шуба анкера; | 10 – шайба стальная; |
| 2 – прокладка под кронштейн; | 11 – гайка М6; |
| 3 – анкер; | 12 – удлинитель кронштейна; |
| 4 – кронштейн (основная часть); | 13 – болт М6. |
| 5 – шайба под Анкер; | |
| 6 – термоизолирующий элемент из полиамида; | |
| 7 – термоизолирующая втулка из полиамида; | |
| 8 – алюминиевая втулка переменного сечения; | |
| 9 – термоизолирующая шайба из полиамида; | |

2.2. Выбор материала для энергоэффективного кронштейна

Для энергоэффективного кронштейна я рассматриваю материала: - оцинкованная сталь и алюминий. Мной был выбран участок стены площадью 1 м^2 и смоделировано использование фасадного стального и фасадного алюминиевого кронштейна, в сравнение с обычной стеной без использования кронштейнов. Расчеты выполнены в COMSOL MULTIPHYSICS. Расчетные данные взяты для климатических условий населенного пункта г. Красноярск, (жилые здания). Полученные данные показаны на рисунке 2.2.1 для стального кронштейна и на рисунке 2.2.2 для алюминиевого кронштейна.

- а) Стеновое ограждение, состоящая из трех слоев: железобетон (200 мм), Rockwool Венти Баттс (150 мм) – плоский элемент (рис. 2.2.1.а);
- б) Кронштейн стальной фасадный несущий вылетом 205 мм в стеновом ограждении – точечный элемент (рис. 2.2.1.б)

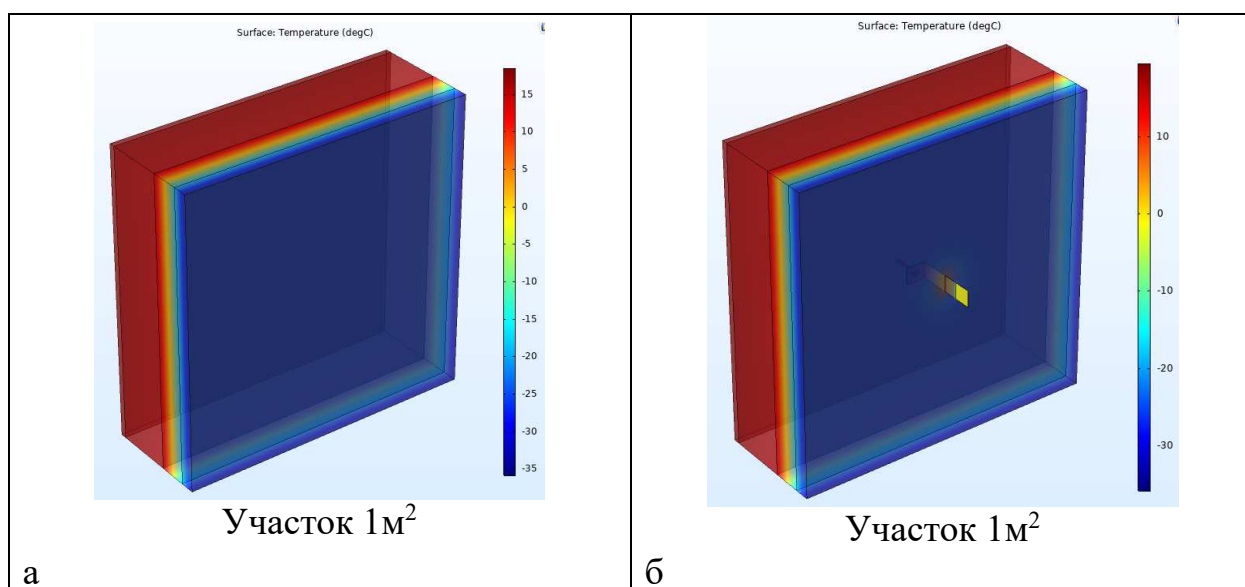


Рис.2.2.1 Элементы, составляющие ограждающую конструкцию

Тепловой поток проходящий через стеновое ограждение:

$$Q_{\text{ст}} = 13,33 \text{ Вт/м}^2.$$

Тепловой поток проходящий через стеновое ограждение с использованием стального кронштейна:

$$Q_{\text{ст.ст.кр}} = 13,97 \text{ Вт/м}^2.$$

Температура на поверхности кронштейна составляет: $t_{\text{ст.кр.}} = -0,3 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Далее я провел аналогичные расчеты, только при использовании алюминиевого несущего кронштейна.

- а) Стеновое ограждение, состоящая из трех слоев: железобетон (200 мм), Rockwool Венти Баттс (150 мм) – плоский элемент (рис. 2.2.2.а);
- б) Кронштейн алюминиевый фасадный несущий вылетом 205 мм в стеновом ограждении – точечный элемент (рис. 2.2.2.б)

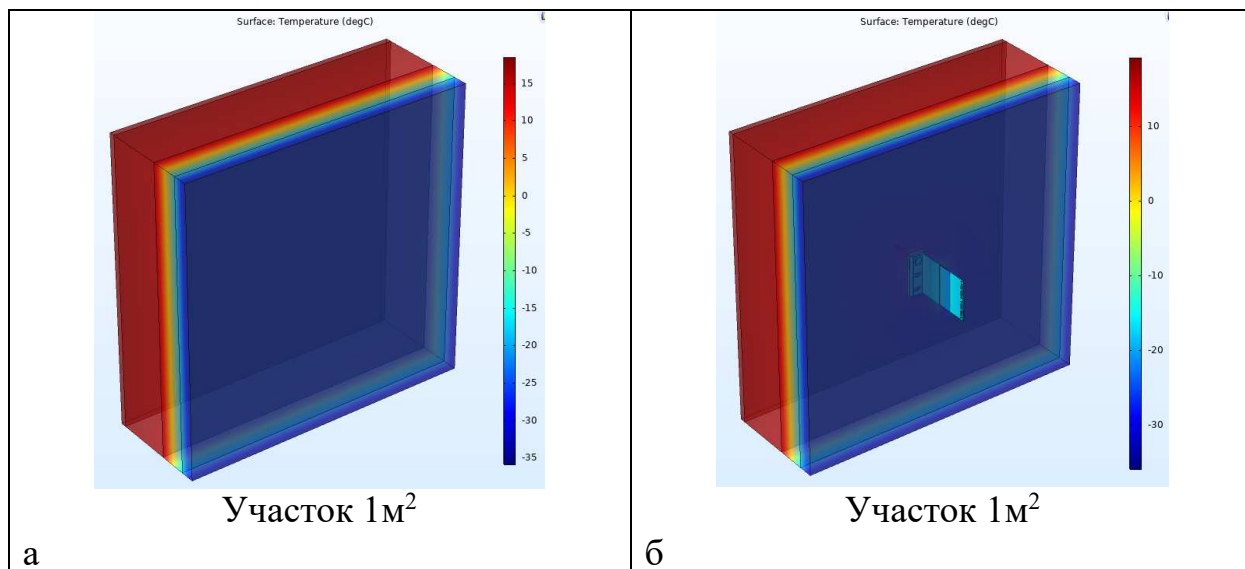


Рис.2.2.2 Элементы, составляющие ограждающую конструкцию

Тепловой поток проходящий через стеновое ограждение:

$$Q_{\text{ст}} = 13,33 \text{ Вт/м}^2.$$

Тепловой поток проходящий через стеновое ограждение с использованием стального кронштейна:

$$Q_{\text{ст.ал.кр}} = 18,14 \text{ Вт/м}^2.$$

Температура на поверхности кронштейна составляет: $t_{\text{ал.кр.}} = -15,29 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Из расчетов видно, что количество тепловой энергии, проходящее через стену с использованием алюминиевого кронштейна выше, чем с использованием стального кронштейна, несмотря на значительно более высокую температуру на поверхности стального кронштейна.

Таким образом, для дальнейшего исследования с целью сокращения тепловых потерь, наибольший интерес вызывает кронштейн, изготовленный из алюминия, как элемент ограждения, через который на 30 % теряется больше тепла, чем через стальной.

2.3. Область применения энергоэффективного кронштейна

В настоящее время в строительной отрасли применяется огромное количество материалов для основания стенового ограждения. Я рассмотрю такие как газобетон, плотностью D600, кирпич и железобетон.

В программном комплексе COMSOL MULTIPHYSICS я произведу расчет стенового ограждения без использования алюминиевого несущего энергоэффективного кронштейна и стенового ограждения с его использованием. Данный вид расчетов поможет мне понять, для каких стеновых ограждений будет актуально использование нового вида кронштейна.

Железобетонное стеновое ограждение.

а) Кронштейн алюминиевый фасадный несущий вылетом 205 мм в стеновом ограждении – точечный элемент (рис. 2.3.1.а);

б) Кронштейн алюминиевый энергоэффективный несущий вылетом 205 мм в стеновом ограждении – точечный элемент (рис. 2.3.1.б).

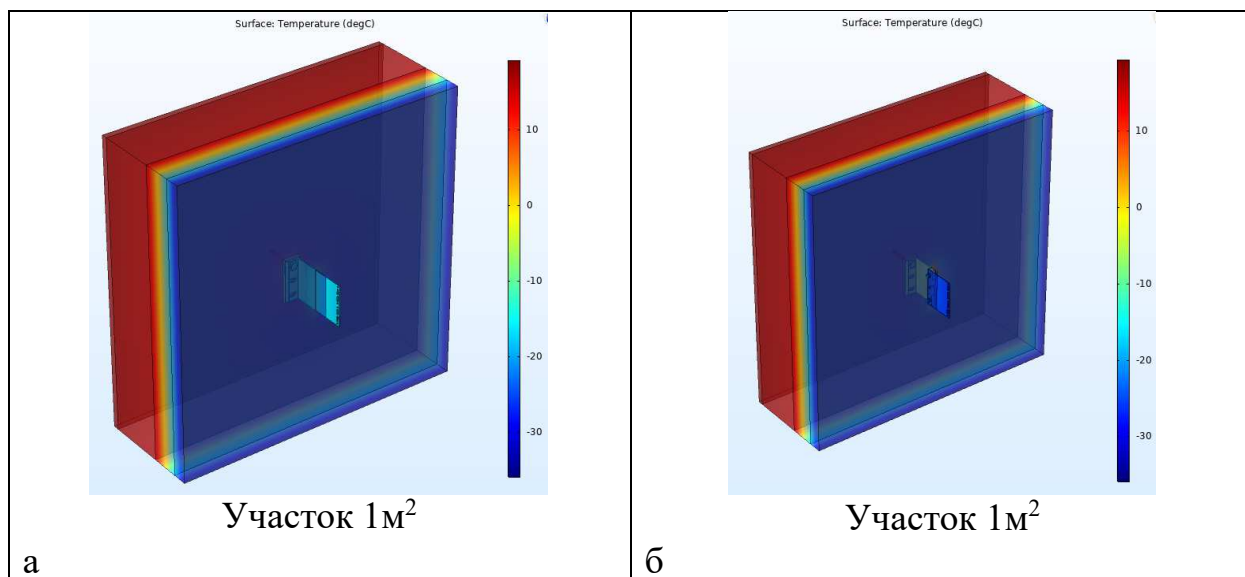


Рис. 2.3.1. Элементы, составляющие ограждающую конструкцию

Тепловой поток проходящий через стеновое ограждение:

$$Q_{\text{ст.кн.о}} = 18,14 \text{ Вт/м}^2.$$

Тепловой поток проходящий через стеновое ограждение с использованием стального кронштейна:

$$Q_{\text{ст.кн.э}} = 16,31 \text{ Вт/м}^2.$$

Разница составляет 1,83 Вт/м².

Кирпичное стеновое ограждение.

а) Кронштейн алюминиевый фасадный несущий вылетом 205 мм в стеновом ограждении – точечный элемент (рис. 2.3.2.а);

б) Кронштейн алюминиевый энергоэффективный несущий вылетом 205 мм в стеновом ограждении – точечный элемент (рис. 2.3.2.б).

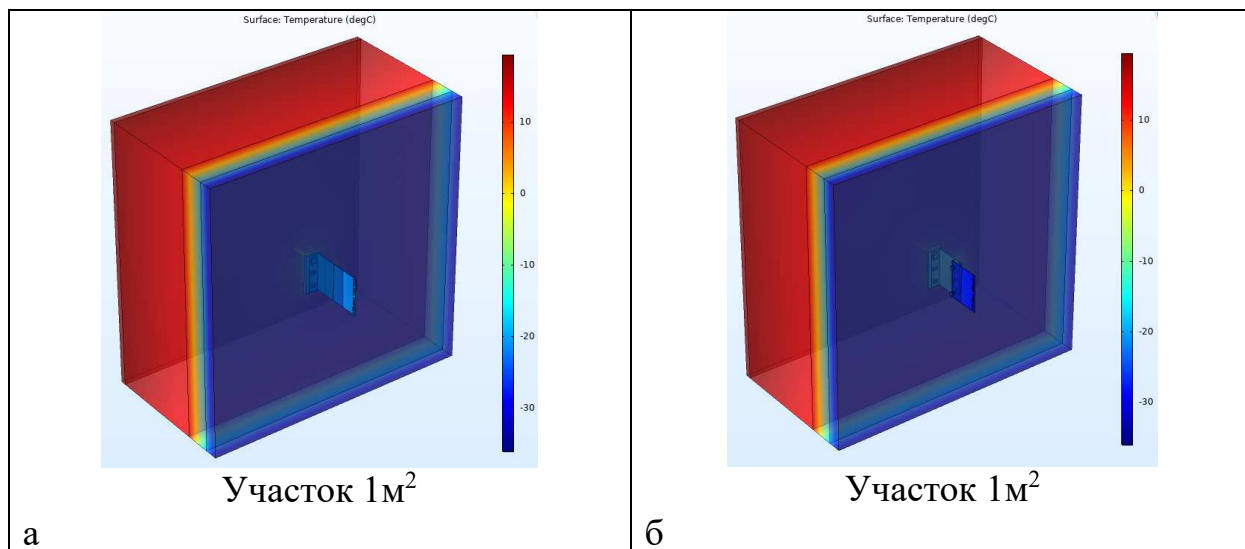


Рис. 2.3.2. Элементы, составляющие ограждающую конструкцию

Тепловой поток проходящий через стеновое ограждение:

$$Q_{\text{ст.кн.о}} = 15,54 \text{ Вт/м}^2.$$

Тепловой поток проходящий через стеновое ограждение с использованием стального кронштейна:

$$Q_{\text{ст.кн.э}} = 14,44 \text{ Вт/м}^2.$$

Разница составляет 1,1 Вт/м².

Газобетонное стеновое ограждение.

а) Кронштейн алюминиевый фасадный несущий вылетом 205 мм в стеновом ограждении – точечный элемент (рис. 2.3.3.а);

б) Кронштейн алюминиевый энергоэффективный несущий вылетом 205 мм в стеновом ограждении – точечный элемент (рис. 2.3.3.б).

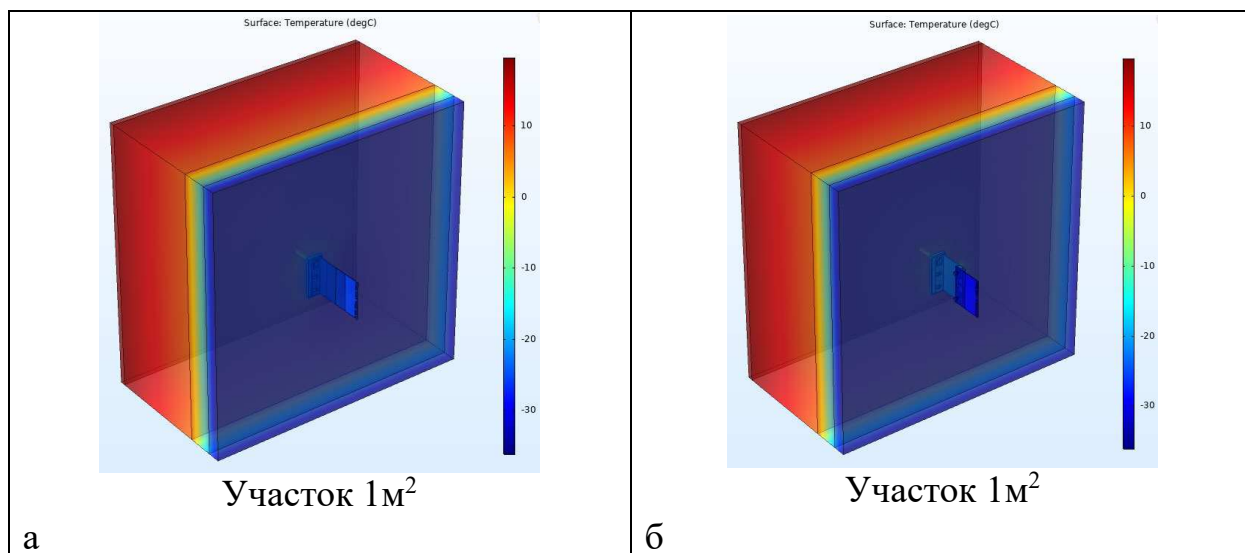


Рис. 2.3.3. Элементы, составляющие ограждающую конструкцию

Тепловой поток проходящий через стеновое ограждение:

$$Q_{\text{ст.кн.о}} = 12,5 \text{ Вт/м}^2.$$

Тепловой поток проходящий через стеновое ограждение с использованием стального кронштейна:

$$Q_{\text{ст.кн.э}} = 13,1 \text{ Вт/м}^2.$$

Разница составляет 0,6 Вт/м².

Из расчетов видно, что наибольшие потери происходят при использовании железобетонного стенового ограждения, следовательно, для дальнейших расчетов энергоэффективных кронштейнов выбираем данный вид стенового ограждения.

3. Вывод

Изучив системы навесного вентилируемого фасада, я пришел к выводу, что для снижения тепловых потерь зданий, необходимо снизить тепловые потери через фасадные кронштейны, поскольку именно они являются теплопроводными включениями. Мной был разработан новый вид кронштейна, проведены сравнения стального кронштейна и алюминиевого, в результате данного сравнения был выбран алюминий, как более худший, с точки зрения тепловых потерь. Было определено, что наиболее эффективно новый вид кронштейна сможет себя показать при использовании железобетонного стенового ограждения. Дальнейшие исследования будут проводится исходя из этих соображений.

ГЛАВА 2. РАСЧЕТ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ, СРАВНЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО И ФАСАДНОГО КРОНШТЕЙНА

1. Расчет теплотехнических показателей для стенового ограждения для г. Красноярск

1.1. Климатические показатели

Район строительства – г. Красноярск;

Расчетная температура наружного воздуха $t_n = -37\text{ °C}$ [2];

Расчетная температура внутреннего воздуха $t_{в.жил} = 21\text{ °C}$ [3];

Продолжительность отопительного периода $z_{от} = 233$ сут. [2];

Средняя суточная температура отопительного периода $t_{от} = -6,7\text{ °C}$ [2];

Расчетная относительная влажность внутреннего воздуха $\phi_v = 55\%$ [1].

Градусо-сутки отопительного периода (ГСОП) для ограждающих конструкций жилых квартир:

$$D_d = (t_{в.жил} - t_{от}) \cdot z_{от} = (21 + 6,7) \cdot 233 = 6454,1\text{ °C} \cdot \text{сут.}$$

Определим базовые значения требуемого сопротивления теплопередаче наружных ограждающих конструкций по табл. 3 [1]:

- наружные стены

$$R_{тр.ст.1} = aD_d + b = 0,00035 \cdot 6454,1 + 1,4 = 3,66\text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт};$$

1.2. Описание ограждающих конструкций здания

Наружная стена: навесная вентилируемая система СИАЛ; утеплитель - Rockwool Венти Баттс, толщиной 150 мм; монолитный железобетон толщиной 200 мм.

1.3. Стеновое ограждение с использованием фасадного алюминиевого несущего кронштейна

Данная конструкция ограничивает отапливаемый объем представляет собой многослойную конструкция: внутренний слой – монолитный железобетон толщиной 200 мм, эффективный утеплитель – Rockwool Венти Баттс, толщиной 150 мм, навесная вентилируемая система СИАЛ.

Схема стенового ограждения представлена на рис. 1.3.1.

Характеристики материалов конструкции стенового ограждения сведены в табл. 1.3.1.

Таблица 1.3.1

Материал	Плотность ρ , кг/м ³	Коэффициент теплопроводности λ_A , Вт/(м·°С)
1. Железобетон	2500	1,92
2. Плиты Rockwool Венти Баттс	90	0,038
3. Кронштейн КН	2708	221

Элементы, составляющие ограждающую конструкцию

- а) стеновое ограждение, состоящая из трех слоев: железобетон (200 мм), Rockwool Венти Баттс (150 мм) – плоский элемент (рис. 1.3.1.а);
 б) Кронштейн алюминиевый фасадный несущий вылетом 205 мм в стеновом ограждении – точечный элемент (рис. 1.3.1.б).

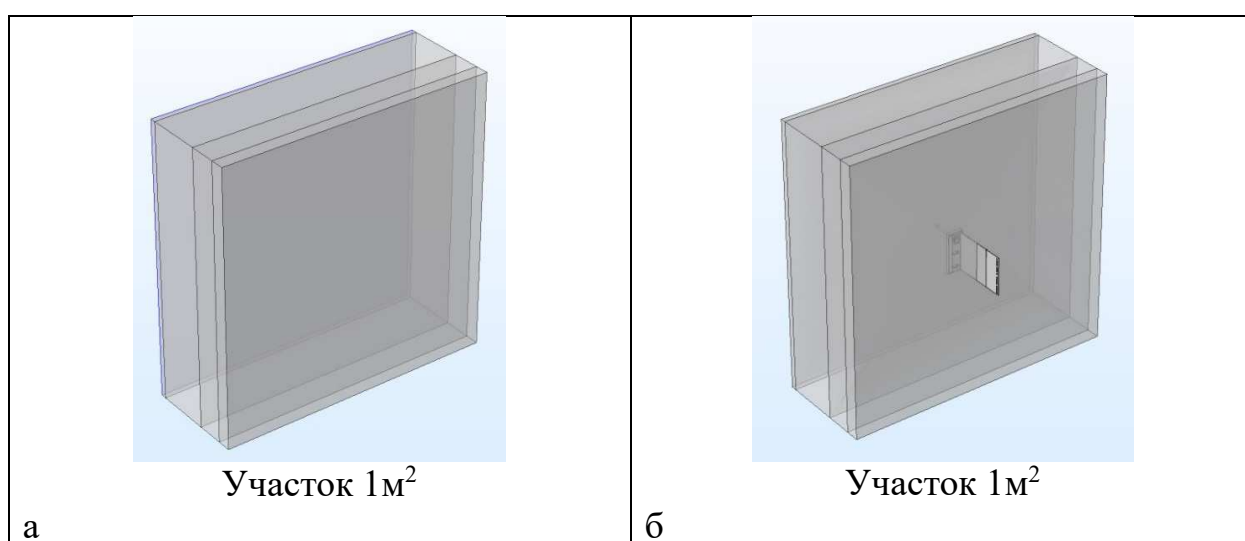


Рис. 1.3.1 Элементы, составляющие ограждающую конструкцию

Геометрические характеристики проекций элементов

Расчетный участок стенового ограждения имеет площадь 1 м².
 Площадь поверхности фрагмента ограждающей конструкции для расчета приведенного сопротивления теплопередаче $R_o^{пр}$ составляет: $A_{ст.1} = 1 \text{ м}^2$;
 Общее количество кронштейнов в стеновом ограждении равно 1 шт.
 Количество кронштейнов, приходящихся на 1 м² стены равно $n_1 = 1/1 = 1 \text{ м}^{-2}$.

Расчет удельных потерь теплоты, обусловленных элементами

Все температурные поля рассчитываются для температуры наружного воздуха минус 37°С и температуры внутреннего воздуха 21 °С.

Для плоского элемента 1 удельные потери теплоты определяются по формулам (Е.6) и (Е.3) [1]:

$$R_{o1}^{усл} = 1/8,7 + 0,2/1,92 + 0,15/0,038 + 1/12 = 4,25 \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт},$$

$$U_1 = 1/R_{o2}^{усл} = 1/4,25 = 0,235 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°С)}.$$

Площадь стены, вошедший в расчетный участок $S_{l,1} = 1 \text{ м}^2$. Потери теплоты через стену с обычным несущим алюминиевым кронштейном, вошедший в участок, по результатам расчета температурного поля равны $Q_1 = 18,14 \text{ Вт/м}$.

Потери теплоты через участок однородной стены той же площади определяется по формуле (Е.10) [1]:

$$\bar{Q}_1 = ([21 - (-37)] / (4,25 * 1)) * 1 = 13,65 \text{ Вт/м}.$$

Дополнительные потери теплоты через точечный элемент 1 составляют:

$$\Delta Q_1 = 18,14 - 13,65 = 4,49 \text{ Вт/м}.$$

Удельные линейные потери теплоты через линейный элемент 1 определяются по формуле (Е.8) [1]:

$$\chi_1 = 4,49 / [21 - (-37)] = 0,077 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)}.$$

Расчеты удельных характеристик элементов сведены в табл. 1.3.2.

Температурные поля элементов представлены на рис. 1.3.2.

Таблица 1.3.2

Элемент фрагмента	Потери теплоты через однородный участок стены	Потери теплоты через неоднородный участок	Удельные потери теплоты	Удельный геометрический показатель
Точечный элемент (рис. 2.3.1.б)	$\bar{Q}_1 = 13,65 \text{ Вт}$	$Q_1 = 18,14 \text{ Вт}$	$\chi_1 = 0,077 \text{ Вт/°C}$	$n_1 = 1 \text{ м}^{-2}$

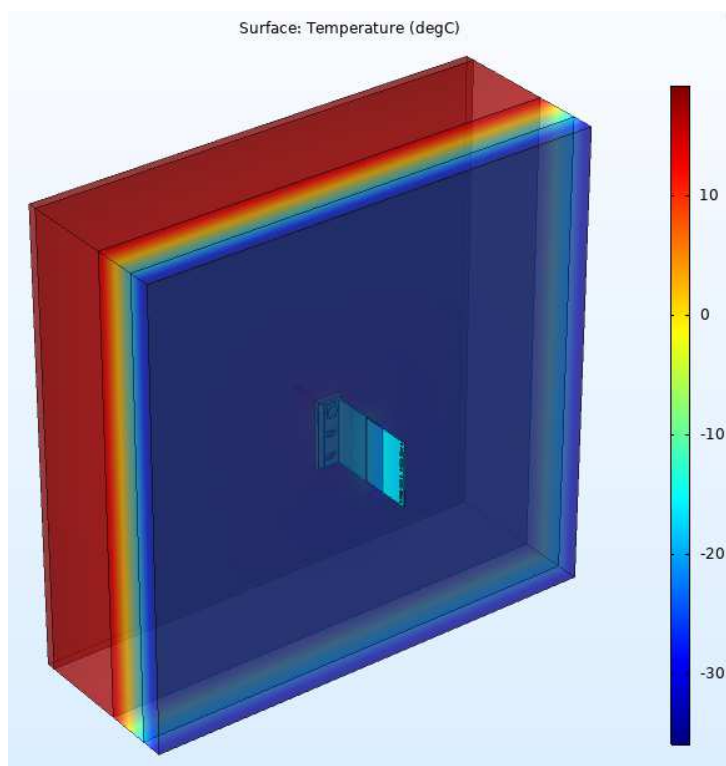


Рис. 1.3.2. Температурные поля

Расчет приведенного сопротивления теплопередаче стенового ограждения
Данные сведены в табл. 1.3.3.

Таблица 1.3.3

Элемент конструкции	Удельный геометрический показатель	Удельные потери теплоты	Удельный поток теплоты, обусловленный элементом	Доля общего потока теплоты через фрагмент, %
Плоский элемент 1	$a_1 = 1,000$	$U_1 = 0,235$ $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$	$U_1 a_1 = 0,235$ $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$	75,32
Точечный элемент 1	$n_1 = 1 \text{ м}^{-2}$	$\chi_1 = 0,077$ $\text{Вт}/^\circ\text{C}$	$\chi_1 n_1 = 0,077$ $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$	24,68
Итого			$1/R_o^{\text{пр}} = 0,312$ $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$	100

Приведенное сопротивление теплопередаче стенового ограждения рассчитывается по формуле (Е.1) [1]:

$$R_{\text{ст.1}}^{\text{пр}} = 1/0,312 = 3,21 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}.$$

Коэффициент теплотехнической однородности, определенный по формуле (Е.4) [1], равен: $r_{\text{ст.1}} = 0,235/0,312 = 0,75$.

Полученное значение $R_{\text{ст.1}}^{\text{пр}} = 3,21 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ ниже базового значения требуемого сопротивления теплопередаче $R_{\text{ст.1}}^{\text{тр}} = 3,66 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$, но выше нормируемого сопротивления теплопередаче $R_{\text{ст.1}}^{\text{норм}} = 0,63 \cdot 3,66 = 2,31 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$.

Температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции составляет:

$$\Delta t_o = (t_{\text{в}} - t_{\text{н}})/(R_{\text{ст.1}}^{\text{пр}} \cdot \alpha_{\text{в}}) = (21 + 37)/(3,21 \cdot 8,7) = 2,08 \text{ } ^\circ\text{C} < \Delta t_{\text{н}} = 4,0 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Рассмотренная конструкция стенового ограждения соответствует требованиям [1].

Приведенное сопротивление теплопередаче составляет: $R_{\text{ст.1}}^{\text{пр}} = 3,21 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$.
Площадь данной ограждающей конструкции составляет: $A_{\text{ст.1}} = 1 \text{ м}^2$.

1.4. Стеновое ограждение с использованием энергоэффективного алюминиевого несущего кронштейна

Данная конструкция ограничивает отапливаемый объем представляет собой многослойную конструкция: внутренний слой – монолитный железобетон толщиной 200 мм, эффективный утеплитель – Rockwool Венти Баттс, толщиной 150 мм, навесная вентилируемая система СИАЛ.

Схема стенового ограждения представлены на рис. 1.4.1.

Характеристики материалов конструкции стенового ограждения сведены в табл. 1.4.1.

Таблица 1.4.1

Материал	Плотность ρ , кг/м ³	Коэффициент теплопроводности λ_A , Вт/(м·°С)
1. Железобетон	2500	1,92
2. Плиты Rockwool Венти Баттс	90	0,038
3. Кронштейн КН	2708	221

Элементы, составляющие ограждающую конструкцию

а) стеновое ограждение, состоящая из трех слоев: железобетон (200 мм), Rockwool Венти Баттс (150 мм) – плоский элемент (рис. 1.4.1.а);

б) Кронштейн алюминиевый энергоэффективный несущий вылетом 205 в стеновом ограждении – точечный элемент (рис. 1.4.1.б).

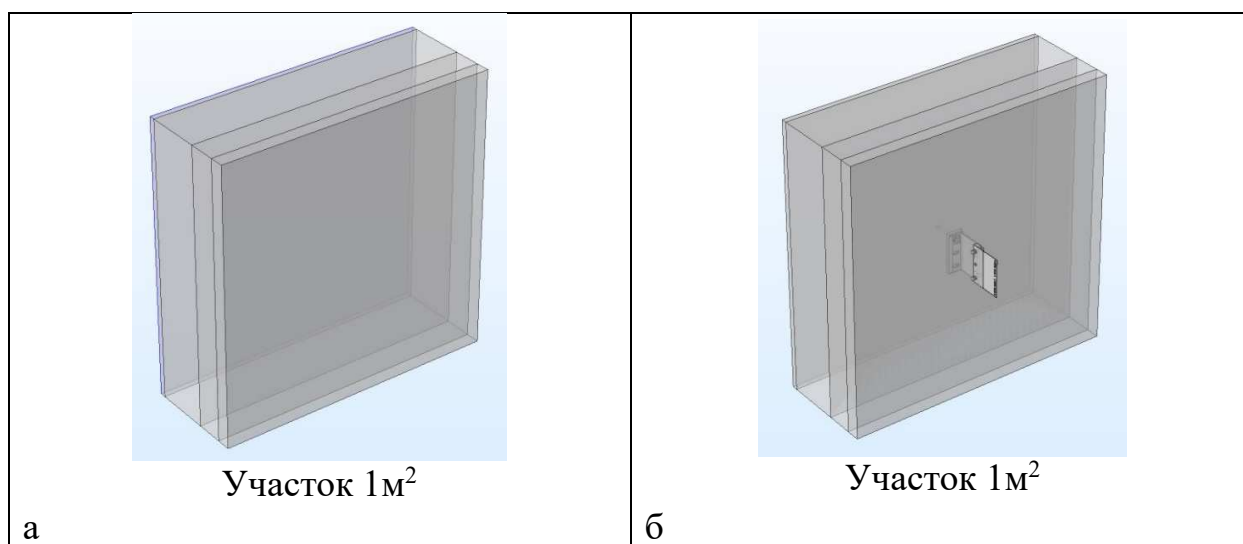


Рис. 1.4.1 Элементы, составляющие ограждающую конструкцию

Геометрические характеристики проекций элементов

Расчетный участок стенового ограждения имеет площадь 1м².

Площадь поверхности фрагмента ограждающей конструкции для расчета приведенного сопротивления теплопередаче $R_o^{пр}$ составляет: $A_{ст.1} = 1 \text{ м}^2$;

Общее количество связей в стеновом ограждении равно 1 шт. Количество связей, приходящихся на 1 м² стены равно $n_1 = 1/1 = 1 \text{ м}^{-2}$.

Расчет удельных потерь теплоты, обусловленных элементами

Все температурные поля рассчитываются для температуры наружного воздуха минус 37°C и температуры внутреннего воздуха 21 °C.

Для плоского элемента 1 удельные потери теплоты определяются по формулам (Е.6) и (Е.3) [1]:

$$R_{o1}^{усл} = 1/8,7 + 0,2/1,92 + 0,15/0,038 + 1/12 = 4,25 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт},$$

$$U_1 = 1/R_{o2}^{усл} = 1/4,28 = 0,235 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C}).$$

Площадь стены, вошедший в расчетный участок $S_{1,1} = 1 \text{ м}^2$. Потери теплоты через стену с энергоэффективным несущим алюминиевым кронштейном, вошедший в участок, по результатам расчета температурного поля равны

$$Q_1 = 16,31 \text{ Вт}/\text{м}.$$

Потери теплоты через участок однородной стены той же площади определяется по формуле (Е.10) [1]:

$$\bar{Q}_1 = ([21 - (-37)] / (4,25 \cdot 1)) \cdot 1 = 13,65 \text{ Вт}/\text{м}.$$

Дополнительные потери теплоты через точечный элемент 1 составляют:

$$\Delta Q_2 = 16,31 - 13,65 = 2,66 \text{ Вт}/\text{м}.$$

Удельные линейные потери теплоты через линейный элемент 1 определяются по формуле (Е.8) [1]:

$$\chi_2 = 2,66 / [21 - (-37)] = 0,046 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{°C}).$$

Расчеты удельных характеристик элементов сведены в табл. 1.4.2.

Температурные поля элементов представлены на рис. 1.4.2.

Таблица 1.4.2

Элемент фрагмента	Потери теплоты через однородный участок стены	Потери теплоты через неоднородный участок	Удельные потери теплоты	Удельный геометрический показатель
Точечный элемент (рис. 2.4.1.б)	$\bar{Q}_1 = 13,65 \text{ Вт}$	$Q_2 = 16,31 \text{ Вт}$	$\chi_2 = 0,046 \text{ Вт}/\text{°C}$	$n_2 = 1 \text{ м}^{-2}$

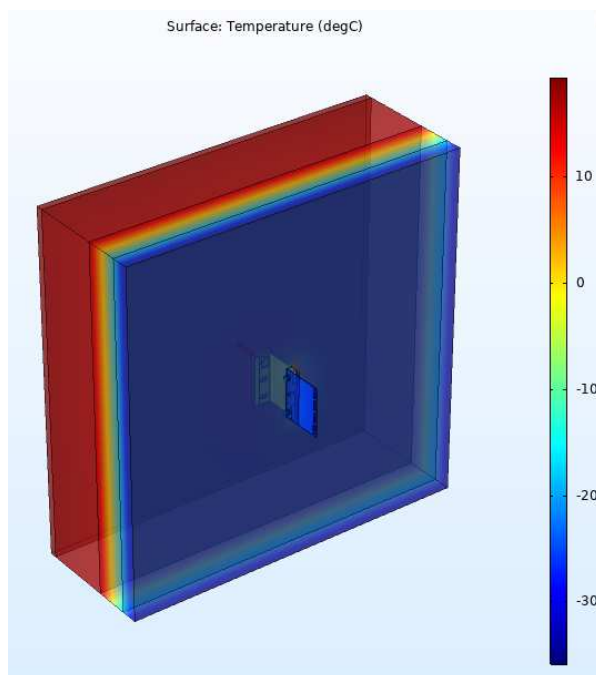


Рис. 1.4.2. Температурные поля

Расчет приведенного сопротивления теплопередаче стенового ограждения
Данные сведены в табл. 1.4.3.

Таблица 1.4.3

Элемент конструкции	Удельный геометрический показатель	Удельные потери теплоты	Удельный поток теплоты, обусловленный элементом	Доля общего потока теплоты через фрагмент, %
Плоский элемент 1	$a_1 = 1,000$	$U_1 = 0,235$ $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$	$U_1 a_1 = 0,235$ $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$	83,63
Точечный элемент 1	$n_1 = 1 \text{ м}^{-2}$	$\chi_1 = 0,046$ $\text{Вт}/^\circ\text{C}$	$\chi_1 n_1 = 0,046$ $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$	16,37
Итого			$1/R_o^{\text{пр}} = 0,281$ $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$	100

Приведенное сопротивление теплопередаче стенового ограждения рассчитывается по формуле (Е.1) [1]:
 $R_{\text{ст.1}}^{\text{пр}} = 1/0,281 = 3,56 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}.$

Коэффициент теплотехнической однородности, определенный по формуле (Е.4) [1], равен: $r_{\text{ст.1}} = 0,235/0,281 = 0,83.$

Полученное значение $R_{\text{ст.1}}^{\text{пр}} = 3,56 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ ниже базового значения требуемого сопротивления теплопередаче $R_{\text{ст.1}}^{\text{тр}} = 3,66 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$, но выше

нормируемого сопротивления теплопередаче $R_{\text{ст.1}}^{\text{норм}} = 0,63 \cdot 3,66 = 2,31 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$.

Температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции составляет:

$$\Delta t_0 = (t_{\text{в}} - t_{\text{н}}) / (R_{\text{ст.1}}^{\text{пр}} \cdot \alpha_{\text{в}}) = (21 + 37) / (3,56 \cdot 8,7) = 1,9 ^\circ\text{C} < \Delta t_{\text{н}} = 4,0 ^\circ\text{C}.$$

Рассмотренная конструкция стенового ограждения соответствует требованиям [1].

Приведенное сопротивление теплопередаче составляет: $R_{\text{ст.1}}^{\text{пр}} = 3,56 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$.
Площадь данной ограждающей конструкции составляет: $A_{\text{ст.1}} = 1 \text{ м}^2$.

1.5. Стеновое ограждение с использованием фасадного алюминиевого опорного кронштейна

Данная конструкция ограничивает отапливаемый объем представляет собой многослойную конструкция: внутренний слой – монолитный железобетон толщиной 200 мм, эффективный утеплитель – Rockwool Венти Баттс, толщиной 150 мм, навесная вентилируемая система СИАЛ.

Схема стенового ограждения представлены на рис. 1.5.1.

Характеристики материалов конструкции стенового ограждения сведены в табл. 1.5.1.

Таблица 1.5.1

Материал	Плотность ρ , кг/м ³	Коэффициент теплопроводности $\lambda_{\text{А}}$, Вт/(м·°C)
1. Железобетон	2500	1,92
2. Плиты Rockwool Венти Баттс	90	0,038
3. Кронштейн КН	2708	221

Элементы, составляющие ограждающую конструкцию

- а) стеновое ограждение, состоящая из трех слоев: железобетон (200 мм), Rockwool Венти Баттс (150 мм) – плоский элемент (рис. 1.5.1.а);
- б) Кронштейн алюминиевый фасадный опорный вылетом 205 мм в стеновом ограждении – точечный элемент (рис. 1.5.1.б).

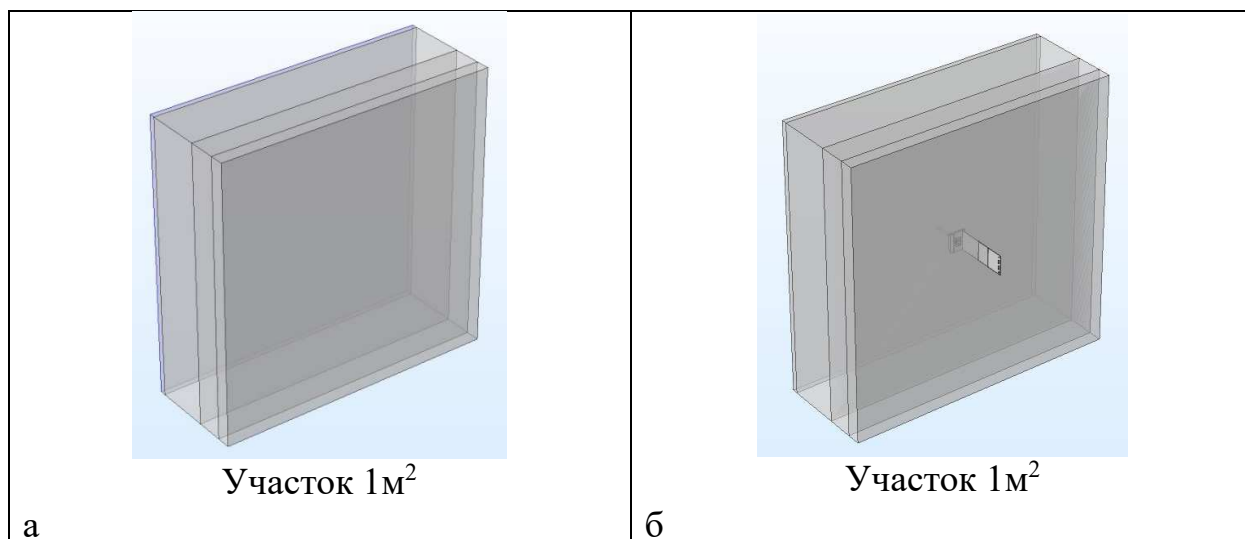


Рис.1.5.1 Элементы, составляющие ограждающую конструкцию

Геометрические характеристики проекций элементов

Расчетный участок стенового ограждения имеет площадь 1 м^2 .

Площадь поверхности фрагмента ограждающей конструкции для расчета приведенного сопротивления теплопередаче $R_{\text{опр}}$ составляет: $A_{\text{ст.1}} = 1\text{ м}^2$;

Общее количество связей в стеновом ограждении равно 1 шт. Количество связей, приходящихся на 1 м^2 стены равно $n_1 = 1/1 = 1\text{ м}^2$.

Расчет удельных потерь теплоты, обусловленных элементами

Все температурные поля рассчитываются для температуры наружного воздуха минус 37°C и температуры внутреннего воздуха 21°C .

Для плоского элемента 1 удельные потери теплоты определяются по формулам (Е.6) и (Е.3) [1]:

$$R_{\text{о1}}^{\text{усл}} = 1/8,7 + 0,2/1,92 + 0,15/0,038 + 1/12 = 4,25\text{ м}^2\cdot^\circ\text{C}/\text{Вт},$$

$$U_1 = 1/R_{\text{о2}}^{\text{усл}} = 1/4,25 = 0,235\text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot^\circ\text{C}).$$

Площадь стены, вошедший в расчетный участок $S_{1,1} = 1\text{ м}^2$. Потери теплоты через стену с фасадным опорным алюминиевым кронштейном, вошедший в участок, по результатам расчета температурного поля равны $Q_1 = 16,18\text{ Вт}/\text{м}$.

Потери теплоты через участок однородной стены той же площади определяется по формуле (Е.10) [1]:

$$\bar{Q}_1 = ([21 - (-37)] / (4,25 \cdot 1)) \cdot 1 = 13,65\text{ Вт}/\text{м}.$$

Дополнительные потери теплоты через точечный элемент 1 составляют:

$$\Delta Q_1 = 16,18 - 13,65 = 2,53\text{ Вт}/\text{м}.$$

Удельные линейные потери теплоты через линейный элемент 1 определяются по формуле (Е.8) [1]:

$$\chi_1 = 2,53 / [21 - (-37)] = 0,044\text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C}).$$

Расчеты удельных характеристик элементов сведены в табл. 1.5.1.

Температурные поля элементов представлены на рис. 1.5.2.

Таблица 1.5.2

Элемент фрагмента	Потери теплоты через однородный участок стены	Потери теплоты через неоднородный участок	Удельные потери теплоты	Удельный геометрический показатель
Точечный элемент 1 (рис. 2.2.3.д)	$\bar{Q}_1 = 13,65 \text{ Вт}$	$Q_1 = 16,18 \text{ Вт}$	$\chi_1 = 0,044 \text{ Вт/}^\circ\text{С}$	$n_1 = 1 \text{ м}^{-2}$

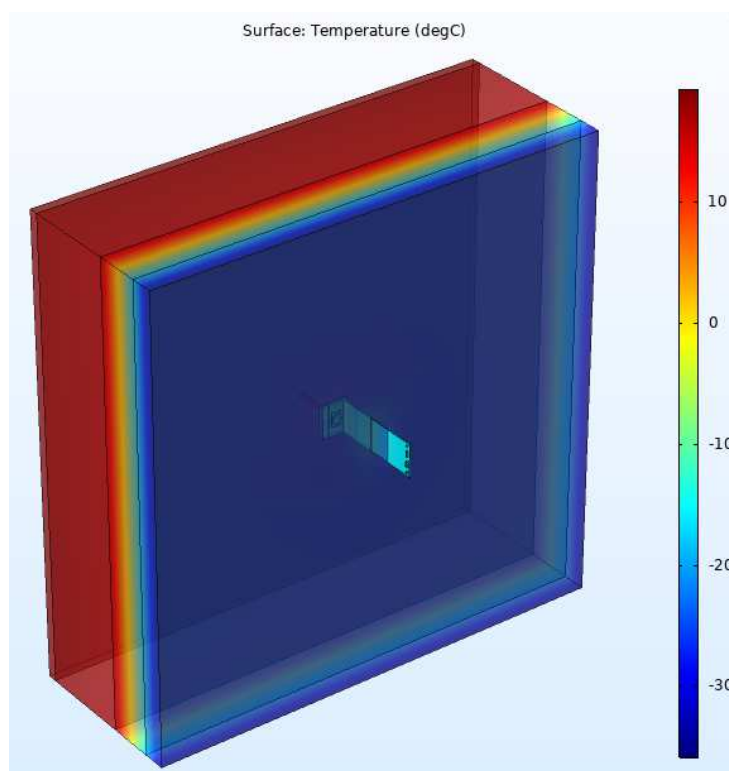


Рис. 1.5.2. Температурные поля

Расчет приведенного сопротивления теплопередаче стенового ограждения
Данные сведены в табл. 1.5.3.

Таблица 1.5.3

Элемент конструкции	Удельный геометрический показатель	Удельные потери теплоты	Удельный поток теплоты, обусловленный элементом	Доля общего потока теплоты через фрагмент, %
Плоский элемент 1	$a_1 = 1,000$	$U_1 = 0,235 \text{ Вт/(м}^2 \cdot ^\circ\text{С)}$	$U_1 a_1 = 0,235 \text{ Вт/(м}^2 \cdot ^\circ\text{С)}$	83,87
Точечный элемент 1	$n_1 = 1 \text{ м}^{-2}$	$\chi_1 = 0,044 \text{ Вт/}^\circ\text{С}$	$\chi_1 n_1 = 0,044 \text{ Вт/(м}^2 \cdot ^\circ\text{С)}$	16,13
Итого			$1/R_o^{\text{пр}} = 0,279 \text{ Вт/(м}^2 \cdot ^\circ\text{С)}$	100

Приведенное сопротивление теплопередаче стенового ограждения рассчитывается по формуле (Е.1) [1]:
 $R_{\text{ст.1}}^{\text{пр}} = 1/0,279 = 3,58 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}.$

Коэффициент теплотехнической однородности, определенный по формуле (Е.4) [1], равен: $r_{\text{ст.1}} = 0,235/0,279 = 0,84.$

Полученное значение $R_{\text{ст.1}}^{\text{пр}} = 3,58 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ меньше базового значения требуемого сопротивления теплопередаче $R_{\text{ст.1}}^{\text{тп}} = 3,66 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$, но выше нормируемого сопротивления теплопередаче $R_{\text{ст.1}}^{\text{норм}} = 0,63 \cdot 3,66 = 2,31 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}.$

Температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции составляет:

$$\Delta t_o = (t_{\text{в}} - t_{\text{н}})/(R_{\text{ст.1}}^{\text{пр}} \cdot \alpha_{\text{в}}) = (21 + 37)/(3,58 \cdot 8,7) = 1,9 \text{ } ^\circ\text{C} < \Delta t_{\text{н}} = 4,0 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Рассмотренная конструкция стенового ограждения соответствует требованиям [1].

Приведенное сопротивление теплопередаче составляет: $R_{\text{ст.1}}^{\text{пр}} = 3,58 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}.$
 Площадь данной ограждающей конструкции составляет: $A_{\text{ст.1}} = 1 \text{ м}^2.$

1.6. Стеновое ограждение с использованием энергоэффективного алюминиевого опорного кронштейна.

Данная конструкция ограничивает отапливаемый объем представляет собой многослойную конструкция: внутренний слой – монолитный железобетон толщиной 200 мм, эффективный утеплитель – Rockwool Венти Баттс, толщиной 150 мм, навесная вентилируемая система СИАЛ.

Схема стенового ограждения представлены на рис. 1.6.1.

Характеристики материалов конструкции стенового ограждения сведены в табл. 1.6.1.

Таблица 1.6.1

Материал	Плотность ρ , кг/м ³	Коэффициент теплопроводности $\lambda_{\text{А}}$, Вт/(м ^{°C})
1. Железобетон	2500	1,92
2. Плиты Rockwool Венти Баттс	90	0,038
3. Кронштейн КН	2708	221

Элементы, составляющие ограждающую конструкцию

а) стеновое ограждение, состоящая из четырех слоев: железобетон (200 мм), Rockwool Венти Баттс (150 мм) – плоский элемент (рис. 1.6.1.а);

б) Кронштейн алюминиевый фасадный опорный вылетом 205 мм в стеновом ограждении – точечный элемент (рис. 1.6.1.б)

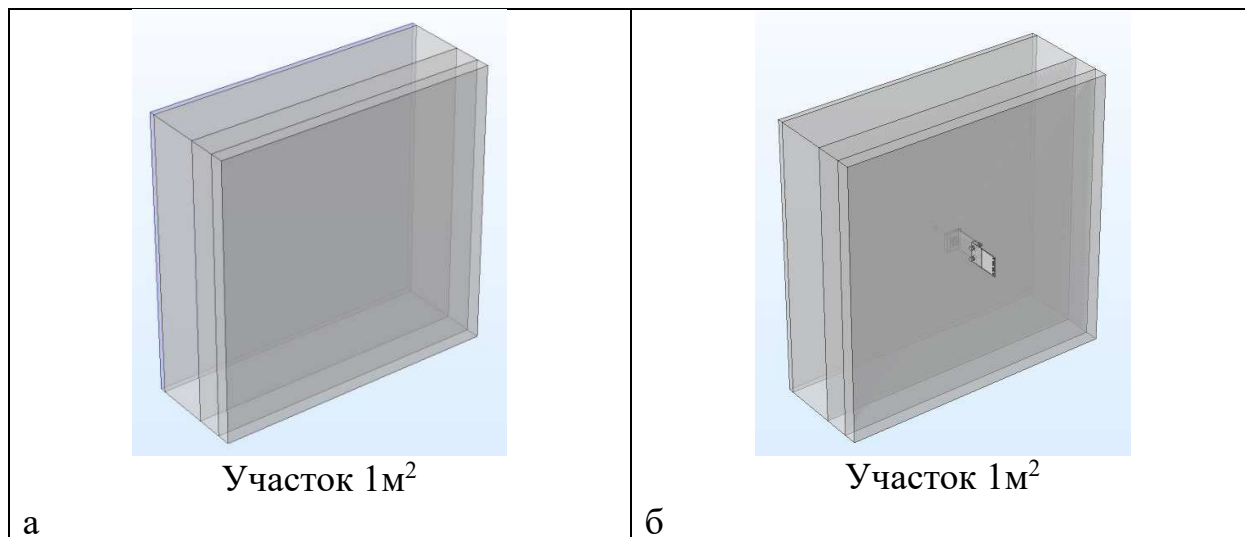


Рис. 1.6.1 Элементы, составляющие ограждающую конструкцию

Геометрические характеристики проекций элементов

Расчетный участок стенового ограждения имеет площадь 1 м^2 .

Площадь поверхности фрагмента ограждающей конструкции для расчета приведенного сопротивления теплопередаче $R_{o}^{пр}$ составляет: $A_{ст.2} = 1\text{ м}^2$;

Общее количество связей в стеновом ограждении равно 1 шт. Количество связей, приходящихся на 1 м^2 стены равно $n_1 = 1/1 = 1\text{ м}^{-2}$.

Расчет удельных потерь теплоты, обусловленных элементами

Все температурные поля рассчитываются для температуры наружного воздуха минус 37°C и температуры внутреннего воздуха 21°C .

Для плоского элемента 1 удельные потери теплоты определяются по формулам (Е.6) и (Е.3) [1]:

$$R_{o1}^{усл} = 1/8,7 + 0,2/1,92 + 0,15/0,038 + 1/12 = 4,25\text{ м}^2\cdot^\circ\text{C}/\text{Вт},$$

$$U_1 = 1/R_{o2}^{усл} = 1/4,25 = 0,235\text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot^\circ\text{C}).$$

Площадь стены, вошедший в расчетный участок $S_{1,1} = 1\text{ м}^2$. Потери теплоты через стену с энергоэффективным опорным алюминиевым кронштейном, вошедший в участок, по результатам расчета температурного поля равны

$$Q_1 = 15,35\text{ Вт}/\text{м}.$$

Потери теплоты через участок однородной стены той же площади определяется по формуле (Е.10) [1]:

$$\bar{Q}_1 = ([21 - (-37)] / (4,25 * 1)) * 1 = 13,65\text{ Вт}/\text{м}.$$

Дополнительные потери теплоты через точечный элемент 1 составляют:
 $\Delta Q_2 = 15,35 - 13,65 = 1,7 \text{ Вт/м.}$

Удельные линейные потери теплоты через линейный элемент 1 определяются по формуле (Е.8) [1]:

$$\chi_2 = 1,7 / [(21 - (-37))] = 0,029 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C).}$$

Расчеты удельных характеристик элементов сведены в табл. 1.6.2.

Температурные поля элементов представлены на рис. 1.6.2.

Таблица 1.6.2

Элемент фрагмента	Потери теплоты через однородный участок стены	Потери теплоты через неоднородный участок	Удельные потери теплоты	Удельный геометрический показатель
Точечный элемент 1 (рис. 2.2.3.д)	$\bar{Q}_1 = 13,65 \text{ Вт}$	$Q_2 = 15,35 \text{ Вт}$	$\chi_2 = 0,029 \text{ Вт/°C}$	$n_2 = 1 \text{ м}^{-2}$

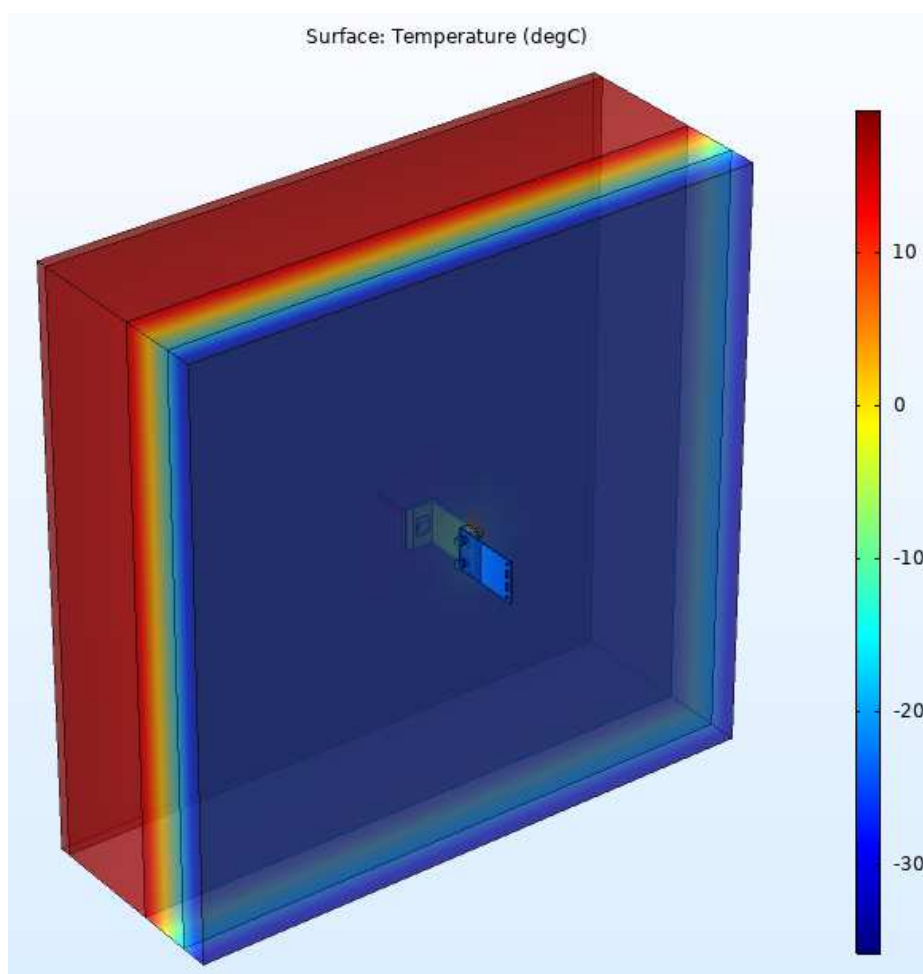


Рис. 1.6.2. Температурные поля

Расчет приведенного сопротивления теплопередаче стенового ограждения

Данные сведены в табл. 1.6.3.

Таблица 1.6.3

Элемент конструкции	Удельный геометрический показатель	Удельные потери теплоты	Удельный поток теплоты, обусловленный элементом	Доля общего потока теплоты через фрагмент, %
Плоский элемент 1	$a_1 = 1,000$	$U_1 = 0,235$ Вт/(м ² ·°C)	$U_1 a_1 = 0,235$ Вт/(м ² ·°C)	89
Точечный элемент 1	$n_1 = 1$ м ⁻²	$\chi_1 = 0,029$ Вт/°C	$\chi_1 n_1 = 0,029$ Вт/(м ² ·°C)	11
Итого			$1/R_o^{пр} = 0,264$ Вт/(м ² ·°C)	100

Приведенное сопротивление теплопередаче стенового ограждения рассчитывается по формуле (Е.1) [1]:

$$R_{ст.1}^{пр} = 1/0,264 = 3,79 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}.$$

Коэффициент теплотехнической однородности, определенный по формуле (Е.4) [1], равен: $r_{ст.1} = 0,235/0,264 = 0,89$.

Полученное значение $R_{ст.1}^{пр} = 3,77 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ выше базового значения требуемого сопротивления теплопередаче $R_{ст.1}^{тр} = 3,66 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, но выше нормируемого сопротивления теплопередаче $R_{ст.1}^{норм} = 0,63 \cdot 3,66 = 2,31 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$.

Температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции составляет:

- для жилых помещений:

$$\Delta t_o = (t_v - t_n)/(R_{ст.1}^{пр} \cdot \alpha_v) = (21 + 37)/(3,77 \cdot 8,7) = 1,8 \text{ °C} < \Delta t_n = 4,0 \text{ °C}.$$

Рассмотренная конструкция стенового ограждения соответствует требованиям [1].

Приведенное сопротивление теплопередаче составляет: $R_{ст.1}^{пр} = 3,55 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$.
Площадь данной ограждающей конструкции составляет: $A_{ст.1} = 1 \text{ м}^2$.

1.7. Сравнение результатов расчетов и выводы по теплотехническим показателям

Сравнение теплотехнических показателей несущих алюминиевых кронштейнов приведены в табл. 1.7.1.

Таблица 1.7.1

Вид несущего кронштейна	Температура на поверхности кронштейна τ_n , °C	Температура на внутренней поверхности ограждения τ_v , °C	Тепловой поток Q, Вт/м ²	Поток теплоты, Q %
Кронштейн фасадный	-15,3 °C	18,0 °C	18,14 Вт/м ²	100%
Кронштейн энергоэффективный	-25,1 °C	18,6 °C	16,31 Вт/м ²	89,9%
Эффект от модернизации	9,8 °C	0,6 °C	1,83 Вт/м ²	10,1%

В результате применения энергоэффективного несущего кронштейна повышен коэффициент теплотехнической однородности с 0,75 до 0,83.

Сравнение теплотехнических показателей опорных алюминиевых кронштейнов приведены в табл. 1.7.2.

Таблица 1.7.2

Вид опорного кронштейна	Температура на поверхности кронштейна τ_n , °C	Температура на внутренней поверхности ограждения τ_v , °C	Тепловой поток Q, Вт/м ²	Поток теплоты, Q %
Кронштейн фасадный	-13,7 °C	18,6 °C	16,18 Вт/м ²	100%
Кронштейн энергоэффективный	-22,5 °C	18,9 °C	15,35 Вт/м ²	94,9%
Эффект от модернизации	8,8 °C	0,3 °C	0,83 Вт/м ²	5,1%

В результате применения энергоэффективного опорного кронштейна повышен коэффициент теплотехнической однородности с 0,84 до 0,89.

Сравнение тепловых потоков, проходящих через стеновое ограждение, при использовании алюминиевых кронштейнов приведены в диаграмме 1.7.3



2. Вывод

Из сводных таблиц видно, что на наружных поверхностях энергоэффективных кронштейнов температура значительно ниже, чем на поверхностях обычных кронштейнов, используемых в настоящее время, тогда как, на внутренних – наоборот повышается, что отражается на улучшении санитарно-гигиенических показателях ограждения. Тепловой поток через предложенные энергоэффективные кронштейны сокращен на 10,1 % для несущего кронштейна и на 5,1 % - для опорного. Все это позволяет сделать вывод, что разработанное и представленное в работе решение кронштейнов является по всем теплотехническим показателям эффективнее, чем существующее.

ГЛАВА 3. НЕСУЩАЯ СПОСОБНОСТЬ КРОНШТЕЙНОВ

1. Сравнение несущей способности фасадного кронштейна и энергоэффективного

1.1. Расчетные данные

Район строительства: – г. Красноярск;

Ветровой район: – 3 [6];

Тип местности: – В [6];

Высота здания: – 75 м [6];

Направляющая: – КПС 1270 ;

Ширина облицовки: – 600 мм

Высота облицовки: – 600 мм

Толщина облицовки: – 10 мм

Вертикальный зазор между облицовкой: – 6 мм

Масса облицовки: – 25 кг/м²

Расчетная схема по количеству опорных кронштейнов: – 3

Длина направляющей: – 3 м

Пиковое значение аэродинамического коэффициента c_p : – -2.2 [6];

Коэффициент надежности по облицовке: – 1,1 ;

Коэффициент надежности по ветровой нагрузке: – 1,4 [6];

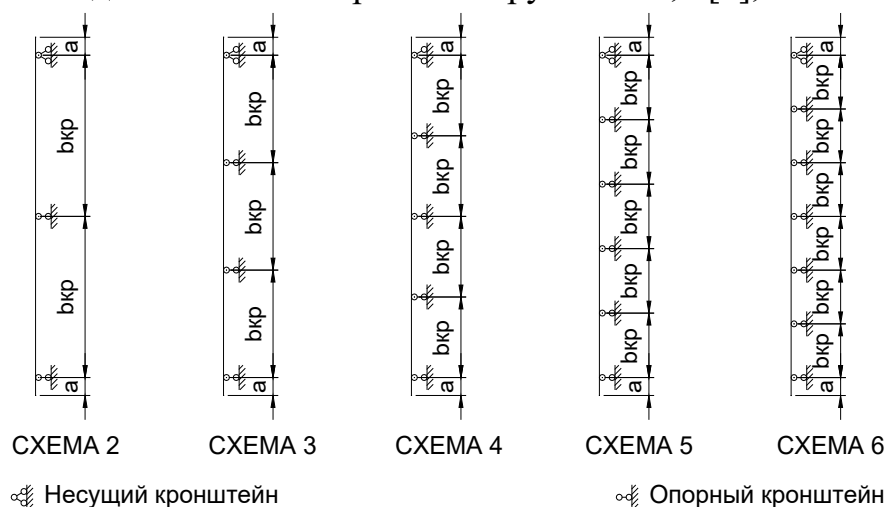


Рис. 1.1.1 – Расчетные схемы.

Постоянная нагрузка:

Нормативная нагрузка от профиля, $q_{п. норм.}$: 0,588 кг/м;

Расчетная нагрузка от профиля, $q_{п. расч.} = q_{п. норм.} * \gamma_{fn}$ $q_{п. расч.} = 0,617$ кг/м;

Нормативная нагрузка от облицовки, $q_{об. норм.}$: 25 кг/м;

Расчетная нагрузка от облицовки, $q_{об. расч.} = q_{об. норм.} * \gamma_{fo}$ $q_{об. расч.} = 27,5$ кг/м.

Ветровая нагрузка

Нормативную пиковую ветровую нагрузку рассчитываем для угловой зоны согласно СП 20.13330.2016 Нагрузки и воздействия по формуле:

$$w_{n+(-)} = w_0 * k(z_e) * [1 + \zeta(z_e)] * c_{p+(-)} * v_{+(-)} \quad w_{n+(-)} = 2,078 \text{ кПа}$$

Расчетную пиковую ветровую нагрузку рассчитываем для угловой зоны по формуле: $w_{+(-)} = w_0 * k(z_e) * [1 + \zeta(z_e)] * c_{p+(-)} * v_{+(-)} * \gamma_f$; $w_{+(-)} = 2,909 \text{ кПа}$, где:

w_0 - нормативное значение давления ветра: $w_0 = 0,38 \text{ кПа}$;

$k(z_e)$ - коэффициент учитывающий изменение давления ветра на высоте z_e :

$$k(z_e) = 1,455;$$

$\zeta(z_e)$ - коэффициент учитывающий изменение пульсаций давления ветра на высоте z_e : $\zeta(z_e) = 0,708$;

$v_{+(-)}$ - коэффициент корреляции ветровой нагрузки: $v_{+(-)} = 1$;

z_e - эквивалентная высота: $z_e = 75 \text{ м}$.

Шаг направляющих, $b_{\text{напр}}$: $b_{\text{напр}} = 606 \text{ мм}$;

Шаг кронштейнов, $b_{\text{кр}}$: $b_{\text{кр}} = 800 \text{ мм}$;

Консоль, a : $a = 300 \text{ мм}$;

Плечо кронштейна, $A_{\text{кр}}$: $A_{\text{кр}} = 205 \text{ мм}$;

Удельная плотность алюминия, ρ : $\rho = 2700 \text{ кг/м}^3$;

Нормативная ветровая нагрузка на направляющую:

$$q_w^n = w_{n+(-)} * b_{\text{напр}}: q_w^n = 1,259 \text{ кН/м};$$

Расчетная ветровая нагрузка на направляющую:

$$q_w = w_{+(-)} * b_{\text{напр}}: q_w = 1,763 \text{ кН/м};$$

Собственный вес конструкции:

$$N = P = q_{\text{п.расч.}} * L_{\text{напр}} + q_{\text{об.расч.}} * L_{\text{напр}} * b_{\text{напр}}: P = 51,8 \text{ кг}.$$

1.2. Расчет статический несущего фасадного кронштейна и несущего энергоэффективного кронштейна

На несущий кронштейн действуют вес облицовки и ветровая нагрузка.

Рисунок 1.2.1а Расчетные схемы действия нагрузок на несущий фасадный кронштейн

Рисунок 1.2.1б Расчетные схемы действия нагрузок на несущий энергоэффективный кронштейн

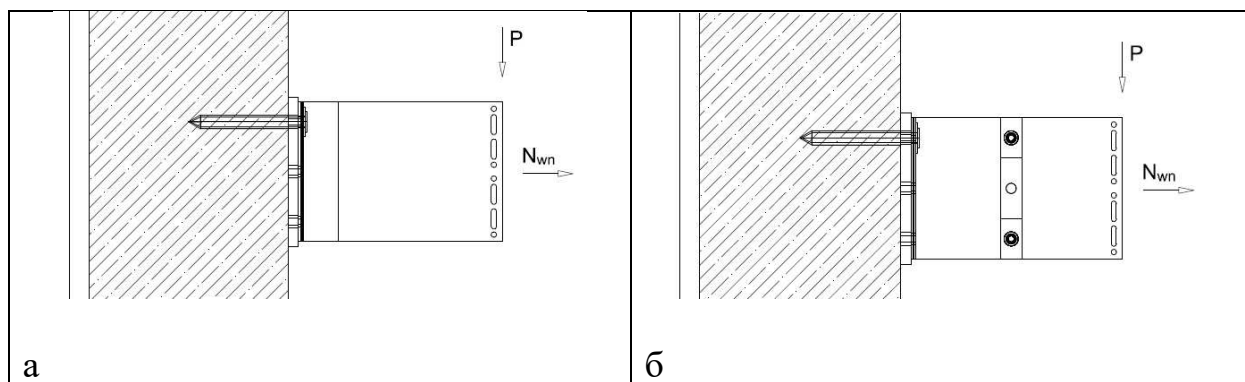


Рис. 1.2.1. Расчетные схемы действия нагрузок на несущие кронштейны

$$N_{wh} = K_{hk} * q_w * (a + b_{kp}/2): N_{wh} = 494 \text{ Н}, \text{ где}$$

K_{hk} - коэффициент неразрезности крайнее положение: $K_{hk} = 0,4$;

P - собственный вес конструкции: $P = 51,8 \text{ кг}$

В программном комплексе COMSOL MULTIPHYSICS, мной были посчитаны модели кронштейнов.

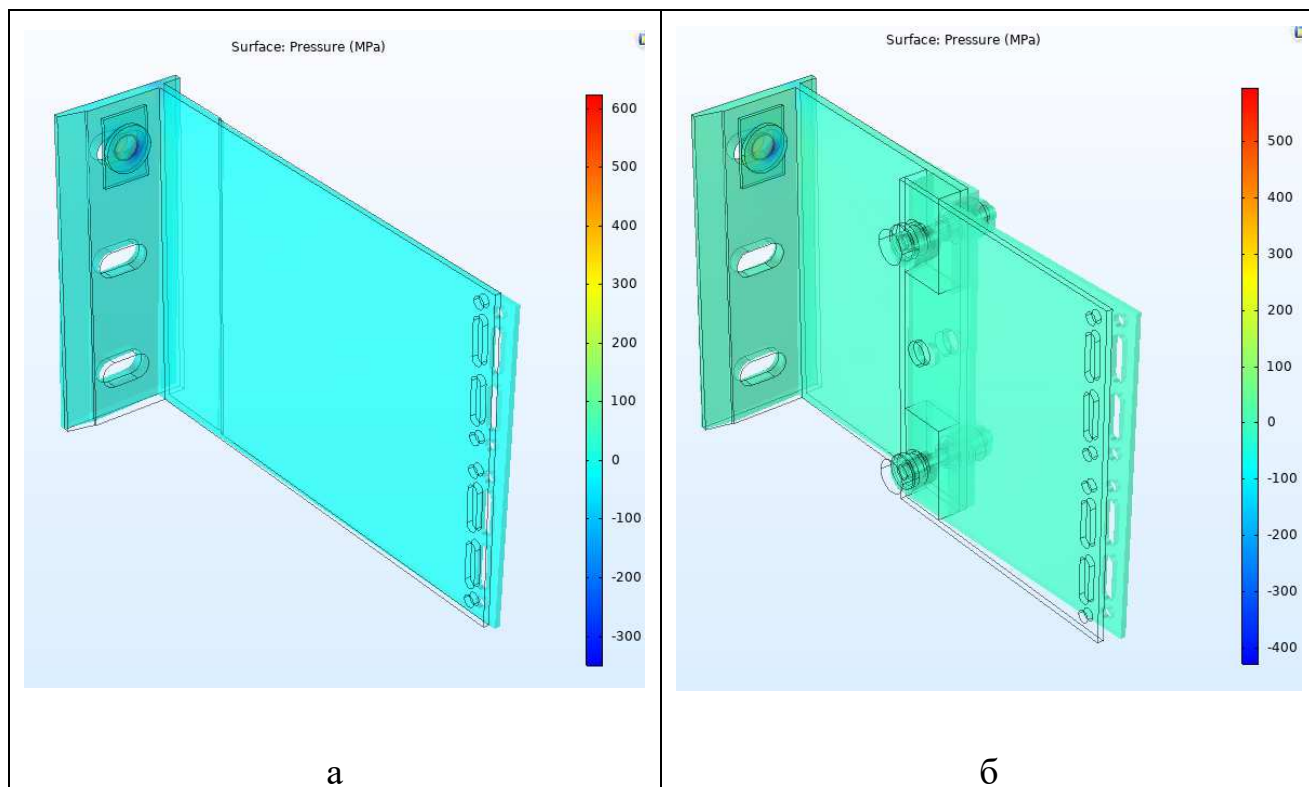


Рис. 1.2.2. Поля давления, возникающие в несущих кронштейнах:
а – существующее решение; б – предлагаемое энергоэффективное решение

Максимальное давление, возникающее в теле фасадного несущего кронштейна:

$P = 39,59 \text{ МПа}$.

Максимальное давление, возникающее в теле энергоэффективного несущего кронштейна:

$P = 73,67 \text{ МПа}$.

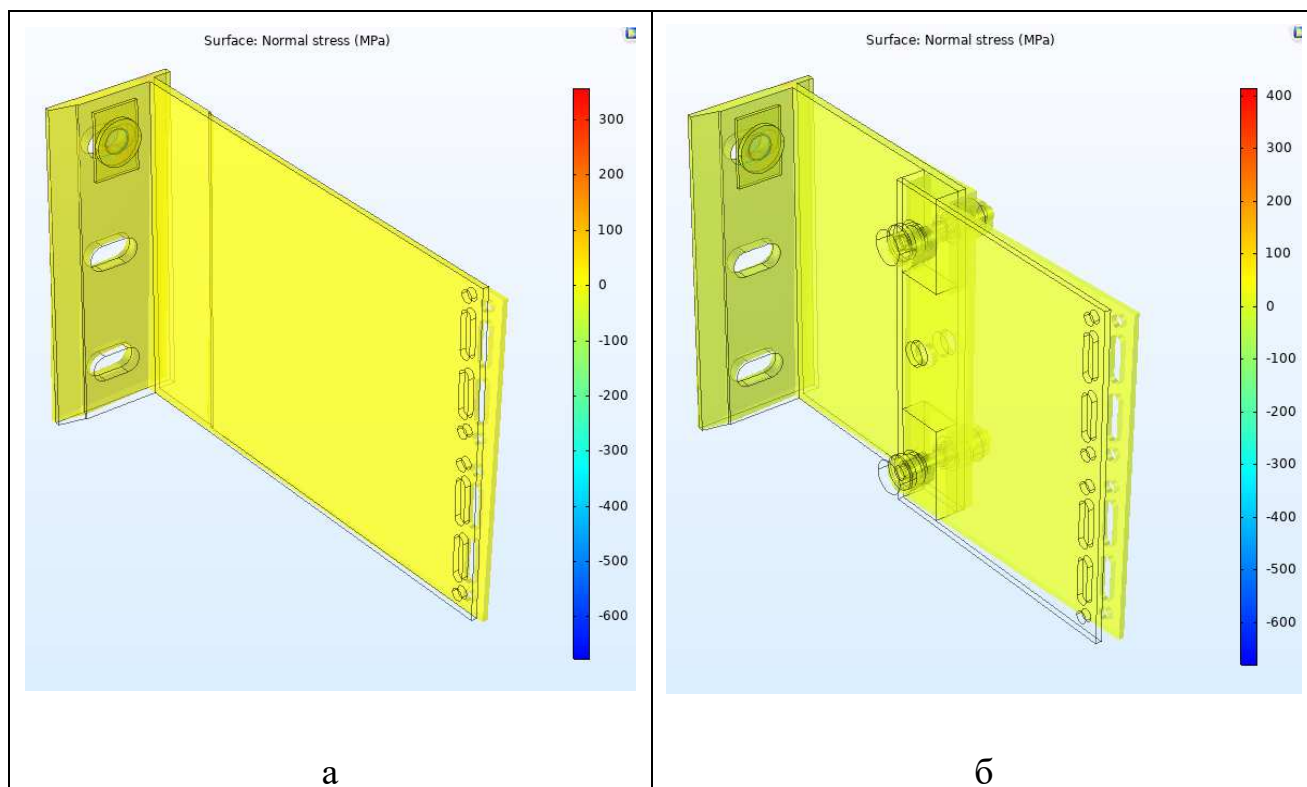


Рис. 1.2.3. Поля нормальных напряжений, возникающих в несущих кронштейнах: а – существующее решение; б – предлагаемое энергоэффективное решение

Максимальное нормальное напряжение, возникающее в теле фасадного несущего кронштейна:

$P=56,64$ МПа.

Максимальное нормальное напряжение, возникающее в теле энергоэффективного несущего кронштейна:

$P=62,31$ МПа.

1.3. Расчет статический опорного фасадного кронштейна и опорного энергоэффективного кронштейна

На опорный кронштейн действует ветровая нагрузка.

Рисунок 1.3.1а Расчетные схемы действия нагрузок на опорный фасадный кронштейн

Рисунок 1.3.1б Расчетные схемы действия нагрузок на опорный энергоэффективный кронштейн

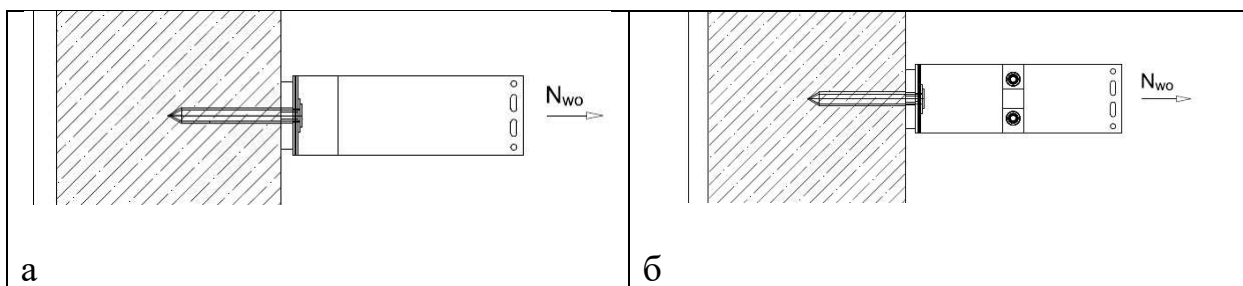


Рис. 3.3.1. Расчетные схемы действия нагрузок на опорные кронштейны

$$N_{wo} = k * q_w * b_{кр}; N_{wo} = 1551 \text{ Н};$$

k - коэффициент для определения максимальной опорной реакции в балке:

$$k = 1,1$$

В программном комплексе COMSOL MULTIPHYSICS, мной были посчитаны модели кронштейнов.

Рисунок 1.3.2а Поля давления возникающее в опорном фасадном кронштейне

Рисунок 1.3.2б Поля давления возникающее в опорном энергоэффективном кронштейне

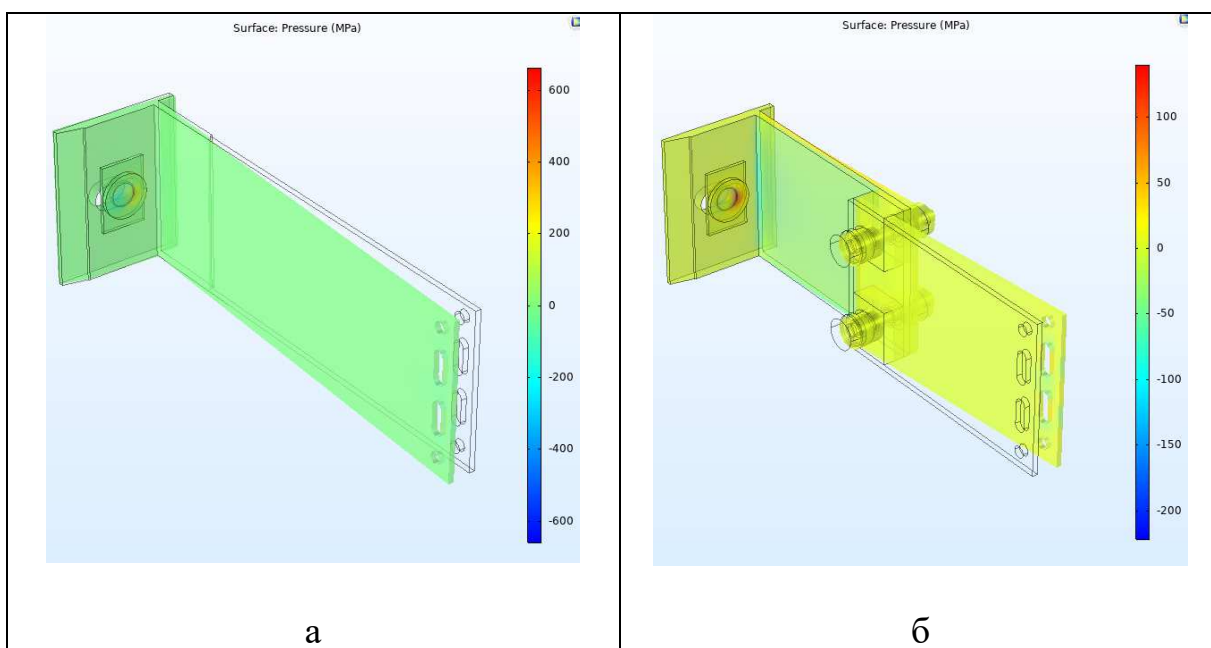


Рис. 1.3.2. Поля давления возникающее в опорных кронштейнах

Максимальное давление, возникающее в теле фасадного кронштейна:
 $P = 133.36 \text{ МПа}$.

Максимальное давление, возникающее в теле энергоэффективного кронштейна:
 $P = 123.66 \text{ МПа}$.

Рисунок 1.3.3а Поля нормальных напряжений возникающих в опорном фасадном кронштейне

Рисунок 1.3.3б Поля нормальных напряжений возникающих в опорном энергоэффективном кронштейне

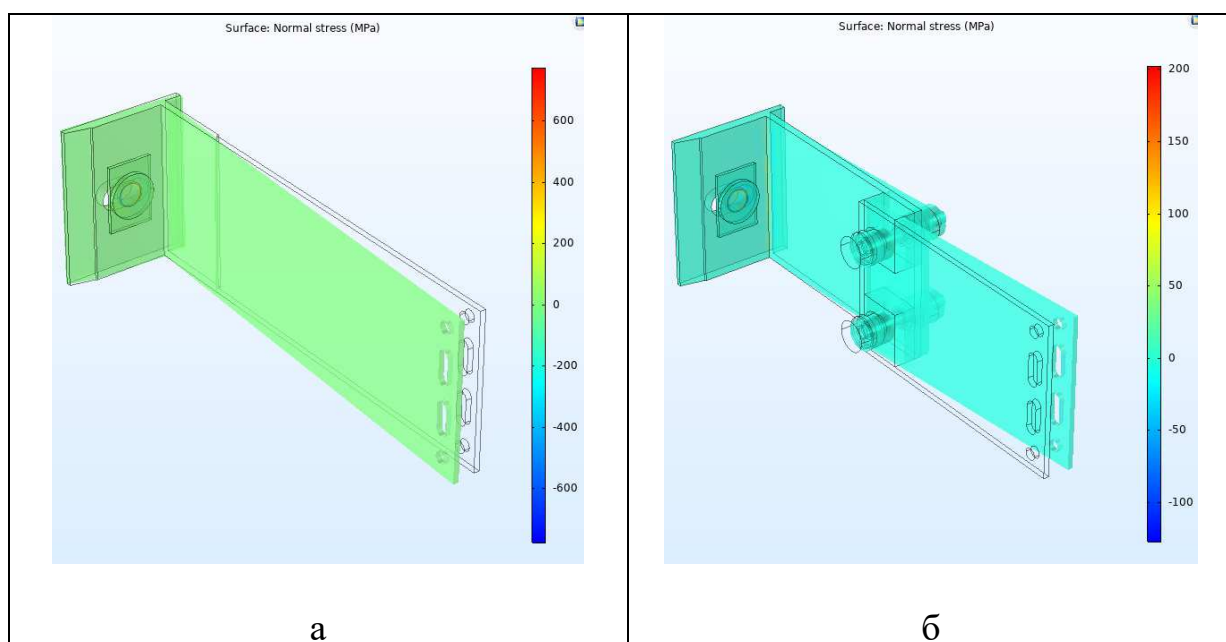


Рис. 1.3.3. Поля давления возникающее в опорных кронштейнах.

Максимальное нормальное напряжение, возникающее в теле фасадного кронштейна:

$R=42,99$ МПа.

Максимальное нормальное напряжение, возникающее в теле энергоэффективного кронштейна:

$R=108,8$ МПа.

2. Вывод



Анализ полей напряжений показывает, что усилия возникающие в несущих и опорных кронштейнах не превышают 135 МПа, не возникает первого предельного состояния по ГОСТ 22233-2018. Разработанные энергоэффективные кронштейны можно использовать в системах навесного вентилируемого фасада.

ГЛАВА 4. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ

1. Расчет экономической целесообразности применения энергоэффективных кронштейнов

1.1. Расчет экономии на тепловой энергии при применении энергоэффективного несущего кронштейна

$$\Delta Q_{\text{кн}} = Q_1 - Q_2 = 18,14 - 16,31 = 1,83 \text{ Вт.}$$

Определим количества тепла, сэкономленного за отопительный период

$$\Delta Q = \Delta Q_{\text{кн}} \cdot z \cdot k$$

где $\Delta Q_{\text{кн}}$ – разница теплотерь через обычный кронштейн и энергоэффективный, кВт;

z – продолжительность отопительного периода, сут/год.

k – коэффициент, равный 24.

Подставим значения в формулу 4

$$\Delta Q = 0,00183 \cdot 233 \cdot 24 = 10,23 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Переведем количества тепла, сэкономленного за отопительный период в Гкал. 1 кВт = 0,00086 Гкал/час. 10,23 кВт·ч=0,0088 Гкал.

Теперь определим денежный эквивалент сэкономленного тепла за отопительный период

$$\Delta \mathcal{E} = \Delta Q \cdot T_{\text{т.э}},$$

где $T_{\text{т.э}}$ – тариф на тепловую энергию, руб./Гкал, на 01.07.20 в г. Красноярск $T_{\text{т.э}} = 1780,46 \text{ руб./Гкал.}$

Подставим значения в формулу

$$\Delta \mathcal{E} = 0,0088 \cdot 1780,46 = 15,67 \text{ р}$$

Таким образом сэкономленная сумма составляет 15 р. 67 коп. для 1 несущего кронштейна.

1.2. Расчет экономии на тепловой энергии при применении энергоэффективного опорного кронштейна

$$\Delta Q_{\text{ко}} = Q_1 - Q_2 = 16,18 - 15,35 = 0,83 \text{ Вт.}$$

Определим количества тепла, сэкономленного за отопительный период

$$\Delta Q = \Delta Q_{\text{ко}} \cdot z \cdot k$$

где $\Delta Q_{\text{ко}}$ – разница теплотерь через обычный кронштейн и энергоэффективный, кВт;

z – продолжительность отопительного периода, сут/год.

k – коэффициент, равный 24.

Подставим значения в формулу 4

$$\Delta Q = 0,00083 \cdot 233 \cdot 24 = 4,64 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Переведем количества тепла, сэкономленного за отопительный период в Гкал. 1 кВт = 0,00086 Гкал/час. 4,64 кВт·ч=0,004 Гкал.

Теперь определим денежный эквивалент сэкономленного тепла за отопительный период

$$\Delta \mathcal{E} = \Delta Q \cdot T_{\text{т.э}},$$

где $T_{\text{т.э}}$ – тариф на тепловую энергию, руб./Гкал, на 01.07.20 в г. Красноярск
 $T_{\text{т.э}} = 1780,46 \text{ руб./Гкал.}$

Подставим значения в формулу

$$\Delta Q = 0,004 \cdot 1780,46 = 7,12 \text{ р}$$

Таким образом сэкономленная сумма составляет 7 р. 12 коп. для 1 опорного кронштейна.

Самый распространенный вид облицовки: – керамогранитные плиты размером 600х600х10. При таком виде облицовки шаг направляющих и соответственно несущих кронштейнов составляет 600 мм. Опорные кронштейны монтируются с шагом 800 – 900 мм. Сделав поправку на условия эксплуатации получим, что количество кронштейнов на 1 м² равно 0,55 несущих и опорных 1,65.

$$\Delta Q_{\text{общ}} = 15,67 \cdot 0,55 + 7,12 \cdot 1,65 = 20,37 \text{ р /м}^2$$

1.3. Расчет цены и окупаемости кронштейнов

Таблица 1.3.1

Изделие	Алюминиевая часть	Полиамидная часть	Болтовое соединение	Итого
Кронштейн несущий 205 мм	90р. 72 коп	-	-	90р. 72 коп
Кронштейн опорный 205 мм	53р. 76 коп	-	-	53р. 76 коп
Кронштейн несущий 205 мм энергоэффективный	110	25	20	155р.
Кронштейн опорный 205 мм энергоэффективный	68	25	20	110р.

Стоимость фасадных кронштейнов на 1 м² составляет

$$0,55 \cdot 90,72 + 1,65 \cdot 53,76 = 138,6 \text{ р /м}^2$$

Стоимость энергоэффективных кронштейнов на 1 м² составляет

$$0,55 \cdot 155 + 1,65 \cdot 110 = 266,8 \text{ р /м}^2$$

Разница стоимости фасадных и энергоэффективных кронштейнов

$$266,8 - 138,6 = 128,2 \text{ р /м}^2$$

Срок окупаемости составит

$$128,2 / 20,37 = 7 \text{ от. пер}$$

2. Вывод

Экономия тепловой энергии при использовании несущего энергоэффективного алюминиевого кронштейна составляет 15 руб. 67 коп. Экономия тепловой энергии при использовании опорного энергоэффективного алюминиевого кронштейна составляет 7 руб. 12 коп. Срок окупаемости новых видов кронштейна составляет 7 лет, что вписывается в жизненный цикл здания.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изучив распространенные фасадные системы, было определено, что для снижения тепловых потерь при их использовании нужно модернизировать существующие фасадные кронштейны. Произведя расчеты, было определено, что целесообразней использовать алюминий, в качестве основного материала.

Целесообразнее всего использовать энергоэффективные кронштейны с железобетонным основанием, однако можно использовать данный вид кронштейнов и с другими видами стенового ограждения, но экономический эффект и экономия тепловой энергии будет ниже. Разница потерь тепловой энергии при использовании фасадного и энергоэффективного несущего кронштейна, в железобетонном стеновом ограждении, составляет $1,83 \text{ Вт/м}^2$. Для опорных кронштейнов разница составляет $0,83 \text{ Вт/м}^2$.

В результате проведенных статических расчетов в программе COMSOL MULTIPHYSICS, было выяснено, что новый вид кронштейнов сопоставим с фасадными и может использоваться в существующих системах навесного вентилируемого фасада.

Новый вид кронштейна можно считать перспективным направлением, для снижения теплопотерь при использовании алюминиевых систем навесного вентилируемого фасада. Срок окупаемости новых видов кронштейна составляет 7 лет, что вписывается в жизненный цикл здания.

Список используемых источников

1. СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003 (с Изменением N 1)
2. Группа компаний СИАЛ: <http://www.sial-group.ru/product/navesnye-ventiliruemye-fasady>
3. Болты шестигранные А4 класса прочности 80
<https://snabline.com/shop/folder/bolty>
4. Гайки шестигранные А4 класса прочности 80
<https://snabline.com/shop/folder/gayki-shestigrannyye>
5. Проектирование тепловой защиты зданий СП 23-101-2004
6. СП 20.13330.2016 Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85* (с Изменениями N 1, 2)
7. ГОСТ 22233-2018 Профили прессованные из алюминиевых сплавов для ограждающих конструкций. Технические условия (с Поправкой)
8. Bazafasada.ru статья: - Кронштейн для вентилируемых фасадов
9. Овсянников С.Н., Вязова Т.О. Теплозащитные характеристики наружных стеновых конструкций с теплопроводными включениями // Строительные материалы. 2013. №6. С. 24–28.
10. Езерский В.А., Монастырев П.В., Федоров С.В. Коэффициент теплотехнической однородности наружных стен вентилируемых фасадов // Жилищное строительство. 2004. №12. С. 8–11.
11. Гагарин В.Г., Козлов В.В., Цыкановский Е.Ю. Теплозащита фасадов с вентилируемым воздушным зазором Част 2 // АВОК. 2004. №3. С. 20–26.
12. Езерский В.А., Монастырев П.В. «Влияние вентилируемого фасада на теплозащитные качества утеплителя» // Жилищное строительство. 2003. №3. С. 18–20.
13. Протасевич А.М., Крутилин А.Б. Классификация вентилируемых фасадных систем. Влияние теплопроводных включений на их теплозащитные характеристики // Инженерно-строительный журнал. 2011. №8(26). С. 57–62.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1.

4.1					
1	2	3		4	
№	Эскиз детали	Наименование Марка		Масса изделия, кг	цена Розница, без НДС
1		Кронштейн несущий	КН-70-КПС 300-1	0.113	38.2
2			КН-90-КПС 301-1	0.136	43.3
3			КН-125-КПС 302-1	0.176	52.1
4			КН-160-КПС 303-1	0.216	60.9
5			КН-180-КПС 304-1	0.238	65.7
6			КН-205-КПС 305-1	0.267	72.1
7		Кронштейн опорный	КО-70-КПС 300-1	0.06	26.5
8			КО-90-КПС 301-1	0.071	29.0
9			КО-125-КПС 302-1	0.091	33.4
10			КО-160-КПС 303-1	0.111	37.8
11			КО-180-КПС 304-1	0.122	40.2
12			КЛ-205-КПС 305-1	0.136	43.3
13		Кронштейн несущий	КН-90-КПС 840	0.16	48.5
14			КН-125-КПС 841	0.21	59.5
15			КН-160-КПС 720	0.24	66.1
16			КН-180-КПС 842	0.26	70.5
17			КН-205-КПС 721	0.283	75.6
18			КН-240-КПС 722	0.316	82.9
19		Кронштейн опорный	КО-90-КПС 840	0.083	31.6
20			КО-125-КПС 841	0.105	36.4
21			КО-160-КПС 720	0.122	40.2
22			КО-180-КПС 842	0.131	42.2
23			КО-205-КПС 721	0.143	44.8
24			КО-240-КПС 722	0.160	48.5
25		Кронштейн несущий угловой КНУ-КПС 374		0.285	89.

Рисунок 1 – стоимость комплектующих СИАЛ

Материал:

☐ латунь
☒ нержавеющая сталь A2 / AISI 304
☒ нержавеющая сталь A4 / AISI 316
☒ нержавеющая сталь A4 / AISI 316 - класс прочности 8.8
☐ оцинкованная сталь 4.8-5.8
☐ оцинкованная сталь 8.8
☐ оцинкованная сталь 10.9

Стандарт:

☐ DIN 931
☐ DIN 933

Диаметр резьбы:

☐ M4
☒ M6
☐ M10
☐ M14
☐ M18
☐ M22
☐ M27
☐ M5
☐ M8
☐ M12
☐ M16
☐ M20
☐ M24
☐ M30

Диаметр, мм:

☐ 6
☐ 10
☐ 14

Длина, мм:

☐ 8
☐ 12
☐ 16

A4-80

Болт DIN 933 (A2-80) с шестигранной головкой

Артикул: 57390606005

ВЫБРАТЬ РАЗМЕР

M6x60 мм

от 11.16 руб. (шт.)

100

→

A4

Болт DIN 933 (A4) с шестигранной головкой

Артикул: 57390606004

ВЫБРАТЬ РАЗМЕР

M6x60 мм

от 10.00 руб. (шт.)

100

→

A2

Болт DIN 933 (A2) с шестигранной головкой

Артикул: 57390606002

ВЫБРАТЬ РАЗМЕР

M6x60 мм

от 7.47 руб. (шт.)

100

→

A4

Болт DIN 931 (A4) с шестигранной головкой

Артикул: 57370606004

ВЫБРАТЬ РАЗМЕР

M6x60 мм

от 11.47 руб. (шт.)

100

→

A4-80

Болт DIN 931 (A4-80) с шестигранной головкой

Артикул: 57370606005

ВЫБРАТЬ РАЗМЕР

M6x60 мм

от 13.08 руб. (шт.)

100

→

A2

Болт DIN 931 (A2) с шестигранной головкой

Артикул: 57370606002

ВЫБРАТЬ РАЗМЕР

M6x60 мм

от 8.39 руб. (шт.)

100

→

Рисунок 1 – стоимость болтов М6

Стандарт:

☐ DIN 934
☐ DIN 1587
☐ ISO 4032
☐ UNI 5587

Вид:

☐ Гайка шестигранная колпачковая высокая DIN1587 (A4-80)
☐ Гайка шестигранная высокая UNI 5587 (A4-80)
☐ Гайка шестигранная ISO 4032 (A4-80)
☐ Гайка шестигранная DIN 934 (A4-80)

Диаметр резьбы:

☐ M4
☒ M6
☐ M10
☐ M14
☐ M18
☐ M22
☐ M30
☐ M5
☐ M8
☐ M12
☐ M16
☐ M20
☐ M24

A4-80

Гайка шестигранная DIN 934 (A4-80)

Артикул: 55880600004

ВЫБРАТЬ РАЗМЕР

M6

от 1.85 руб. (шт.)

1000

→

A4-80

Гайка шестигранная ISO 4032 (A4-80)

Артикул: 40320600004

ВЫБРАТЬ РАЗМЕР

M6

от 2.33 руб. (шт.)

1000

→

A4-80

Гайка шестигранная высокая UNI 5587 (A4-80)

Артикул: 55870600004

ВЫБРАТЬ РАЗМЕР

M6

от 2.97 руб. (шт.)

500

→

A4-80

Гайка шестигранная колпачковая высокая DIN1587 (A4-80)

Артикул: 57210600004

ВЫБРАТЬ РАЗМЕР

M6

от 5.58 руб. (шт.)

500

→

Рисунок 2 – стоимость гаек М6

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Инженерно-строительный институт
институт
Проектирование зданий и экспертиза недвижимости
кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

Р.А. Назиров

инициалы, фамилия

подпись

« »

20 г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

«Повышение теплотехнических показателей алюминиевой
подсистемы НВФ для районов Сибири»

08.04.01. Строительство

код и наименование направления

08.04.01.04 «Проектирование зданий. Энерго- и
ресурсосбережение»

код и наименование программы

Научный руководитель

подпись, дата

доцент, к.т.н.

должность, ученая степень

Д.А. Михеев

инициалы, фамилия

Выпускник

подпись, дата

В.А. Корчуганов

инициалы, фамилия

Рецензент

подпись, дата

доц, к.т.н.

должность, ученая степень

В.Т. Плещинский

инициалы, фамилия

г. Красноярск, 2020